This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Digitized by Google

3 2044 106 324 031

HARVARD UNIVERSITY

LIBRARY

OF THE

GRAY HERBARIUM

Digitized by Google

MH-G

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Swartz
N-3

GRAY HERBARIUM
RECEIVED
JUN 5 1972
LIBRARY

# Vierteljahrsschrift

der

# Naturforschenden Gesellschaft

in

# Zürich.

Unter Mitwirkung der Herren

Prof. Dr. A. HEIM und Prof. Dr. A. LANG

herausgegeben

von

Dr. FERDINAND RUDIO,
Professor am Eidgenössischen Polytechnikum.

53 1, 2, 3

**Dreiundfünfzigster Jahrgang. 1908. Erstes, zweites und drittes Heft.**

Hiezu ein Porträt und eine Tafel.

Ausgegeben am 26. November 1908.

Zürich,
in Kommission bei Fäsi & Beer.
1908.

Typ. Zürcher & Furrer, Zürich.

Digitized by Google

Switz
N-3

# Inhalt.


| | Seite |
|---|---|
| **F. Rudio.** Georg Sidler. Hiezu ein Porträt. . . . . | 1 |
| **Alb. Heim.** Geologische Nachlese Nr. 19. Nochmals über Tunnelbau und Gebirgsdruck und über die Gesteinsumformung bei der Gebirgsbildung . . . . . | 33 |
| **Franz Rusch.** Das Wechselfeld in Drahtrollen . . . . . | 74 |
| **M. B. Schmidt.** Die anatomischen Grundlagen der Immunität und Disposition bei Infektionskrankheiten . . . . . | 97 |
| **A. Fliegner.** Zur Thermodynamik der vollkommenen Gase . . . | 113 |
| **U. Grubenmann.** Der Granatolivinfels des Gordunotales und seine Begleitgesteine . . . . . | 130 |
| **Th. Erismann.** Zur Frage nach der Abhängigkeit der Gravitationskraft vom Zwischenmedium . . . . . | 157 |
| **H. John.** Die Abhängigkeit der spezifischen Wärme des festen Antimons und des festen Wismuts von der Temperatur . . . . | 186 |
| **E. Rübel.** Untersuchungen über das Photochemische Klima des Berninahospizes . . . . . | 207 |
| **P. Arbenz.** Zur Tektonik Siziliens. Mit einer Profilansicht. . . | 281 |
| **Paul A. DuPasquier.** Beiträge zur Kenntnis des Thees . . . | 295 |
| **H. Kreis.** Auflösung der Gleichung $X^n = A$ . . . . . | 366 |
| **Arn. Heim.** Über das Profil von Seewen-Schwyz und den Fund von Habkerngranit im Nummulitengrünsand. Hiezu Tafel I. . . | 377 |
| **P. Arbenz.** Über Diploporen aus dem Schrattenkalk des Säntisgebietes | 387 |

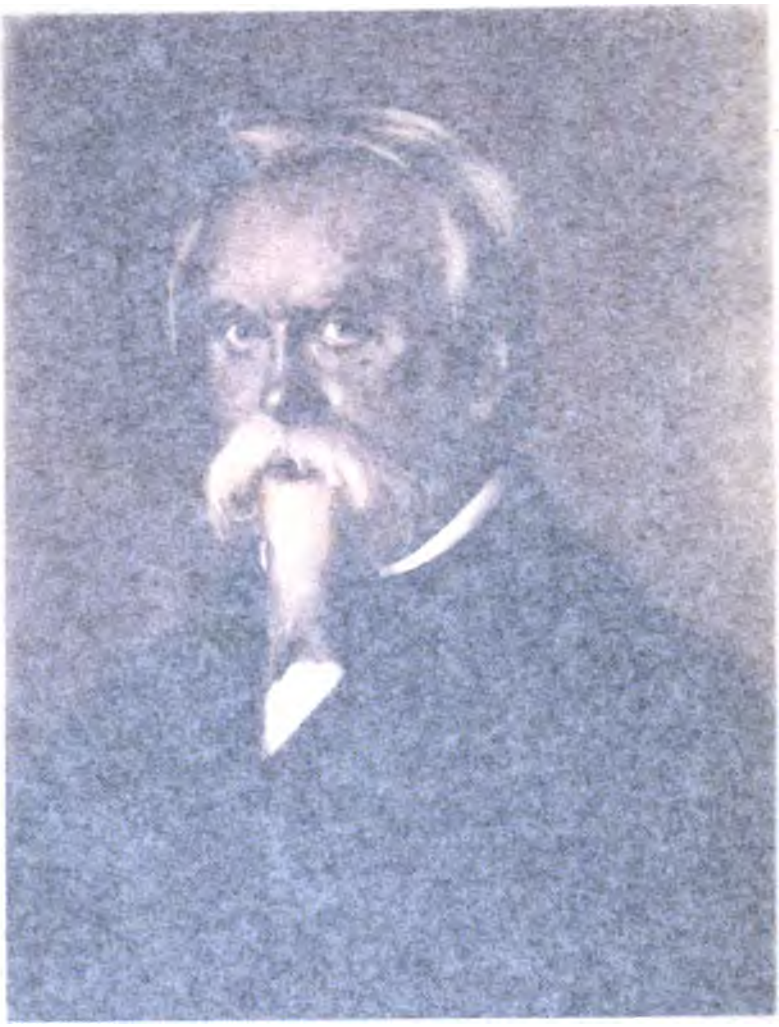

920.1
A8-3

Digitized by Google

Digitized by Google

G. Gisler

Digitized by Google



Digitized by Google

# Georg Sidler.

Von

Ferdinand Rudio.

---

Am Abend des 12. November 1907 bog, vom Hauptbahnhof her kommend, in den zürcherischen Zentralfriedhof ein Trauerzug ein, der bei aller Schlichtheit doch erkennen liess, dass es sich um eine letzte Ehrung von nicht gewöhnlicher Art handelte. Dem über und über mit Kränzen geschmückten Leichenwagen folgte ein zweiter Wagen, der unter der Last der Blumenspenden fast zusammenzubrechen schien, und dann kamen — nur wenige an der Zahl — die Wagen mit den Leidtragenden. Am Eingange zum Krematorium wurde der Zug von einer kleinen andächtigen Gemeinde erwartet: es waren meist Angehörige der beiden Hochschulen, die sich eingefunden hatten, um einem Kollegen die letzte Ehre zu erweisen. Lag auch seine akademische Tätigkeit in Zürich um mehr als ein halbes Jahrhundert zurück, so waren doch der Name und die treue wissenschaftliche Arbeit von Georg Sidler hier, in seiner zweiten Vaterstadt, nicht vergessen. Das bekundete auch der Kranz, den die philosophische Fakultät der Universität durch ihren Dekan auf den Sarg niederlegen liess.

Nachdem sich die Leidtragenden unter den Klängen eines Chorales in dem Krematorium versammelt hatten, hielt zunächst Herr a. Bundesrichter Dr. Leo Weber die folgende Rede:[1])

---

[1]) Die Rede ist, ebenso wie auch die stimmungsvollen „Worte, gesprochen am 12. November 1907 an der Trauerfeier in der Christkatholischen Kirche zu Bern von Professor Dr. Gustav Tobler, Dekan der philosophischen Fakultät der Universität Bern“ unter dem Titel „Zur Erinnerung an Professor Georg Sidler“ im Druck erschienen.



Digitized by Google

Geehrte Mittrauernde!

Vor 51 Jahren ist ein junger Mann von Zürich weggezogen, aus dem Elternhaus dort drüben in Unterstrass, um einem Rufe der Regierung des Kantons Bern als Lehrer der Mathematik an den höhern Klassen der Berner Kantonsschule zu folgen. Erst fünfundzwanzig Lenze zählend, war er doch ein stiller Mann, kein Stürmer und kein Dränger, aber in seiner Brust loderte das heilige Feuer der Liebe und Begeisterung für die Wissenschaft, für Literatur und Kunst, und sein Gemüt erklang einer Äolsharfe gleich beim leisesten Hauch von Menschenwohl und Menschenweh.

Der junge Mann war Georg Sidler, des feurigen Zuger Patrioten einziger Sohn.

In Zürich hatte er den Grund zu seiner umfassenden Geistesbildung gelegt, auf den hohen Schulen von Paris und Berlin sein Wissen erweitert und vertieft, in Zürich mit Auszeichnung die ersten akademischen Grade erworben und die ersten Proben der Lehrtätigkeit abgelegt, welcher er in der Folge in Bern 50 Jahre hindurch als Kantonsschullehrer, als Privatdozent und als Professor der Mathematik und Astronomie sein Leben widmen sollte.

Heute bringen wir aus Bern die irdische Hülle Georg Sidlers nach seinem geliebten Zürich zurück, damit hier, was an unserm Freunde sterblich, vergänglich, endlich war, von der Flamme verzehrt werde. Und Sie, verehrte Herren aus Zürich, haben sich hier eingefunden, um den Verewigten zu ehren und um zu bezeugen, dass er in Zürich nicht vergessen war. Die treue, verständnisvolle Gefährtin seines Lebens, die Familienangehörigen, wir Berner sagen Ihnen dafür herzlichen Dank.

Georg Sidler war körperlich ein Greis geworden, geistig ist er jung geblieben, in Kopf und Herz, bis zur letzten Stunde. Man wird nicht leicht einen Menschen finden, bei dessen irdischem Ausleben die Wahrheit des Satzes so unwiderstehlich sich aufdrängt: Die Naturgewalten vermögen den Leib zu vernichten, der Geist aber schwebt frei durch sie hin.

Ehren wir in diesem feierlichen Augenblicke den Sidlerschen Geist!

Wie verschieden waren doch in der äussern Erscheinung und im ganzen Auftreten nach aussen Vater und Sohn! Dort der keck und entschlossen ins öffentliche Leben eingreifende, hohen Zielen eidgenössischer Politik zustrebende Staatsmann, der sein Zuger Ländchen, obwohl er ihm treue Liebe bewahrte, verliess, um in Zürich die richtige politische Heimat zu finden, — hier der schüchterne, in sich

Digitized by Google

gekehrte, stille Gelehrte, dem es, bei aller Freisinnigkeit und aller Sympathie für eine fortschrittliche Entwicklung des staatlichen und kirchlichen Lebens, doch stets widerstrebte, in die öffentliche Arena hinauszutreten und da mitzureden und mitzuhandeln im Streite der Parteien, der aber auf dem ihm angewiesenen Arbeitsfelde ein Muster der Entschlossenheit, Pflichttreue und Ausdauer gewesen ist. Die Strahlungen des Geistes waren verschieden, der geistige, zumal der ethische Kern war beiden gemeinsam: ein durchaus selbstloses, ideales Wollen und Streben, eine opfermutige Hingabe an hohe, edle Ziele, Reinheit und Treue der Gesinnung erhoben sie beide hoch über die Durchschnittsmenschen.

Wir sind so gearteten Charakteren zu grösstem Dank verpflichtet. Sie weisen den Weg, auf dem allein eine menschenwürdige Zukunft unserm Volke, einem jeden Volke winkt, was auch immer der Beruf der Einzelnen im Volksganzen sei. Dem Verfalle geht unrettbar entgegen ein Geschlecht, das materiellen Besitz und Genuss als das Höchste wertet, das auf dieser Erde zu erstreben sich lohne.

Mit Gefühlen des Dankes für all das, was Georg Sidler uns gewesen ist und, solange ein Erinnern uns bleibt, sein wird, entbieten wir ihm in dieser Stunde unsern Gruss. Nicht den letzten! Lieber Freund! Wir werden Deiner nie vergessen.

Nach diesen Worten, die einen tiefen und nachhaltigen Eindruck auf alle Zuhörer machten, sprachen noch der Dekan der philosophischen Fakultät der Universität Zürich, sowie der Bischof der christkatholischen Kirche, und dann schloss ein Choral die einfache Feier.

* *
*

„Am 31. August 1831 brachte ein Expressbote an den Landammann Sidler, der gerade auf der Tagsatzung zu Luzern war, den Brief seines Bruders Hauptmann Sidler mit der Anzeige, dass ihm ein Söhnlein geboren." Mit diesen treuherzigen Worten beginnen die bis zum Jahre 1855 reichenden autobiographischen Aufzeichnungen, die Georg Sidler hinterlassen hat. [1]) Bevor ich aber an Hand dieser Mitteilungen die Lehr- und Wanderjahre Sidlers verfolge, dürfte es sich verlohnen, auch dem Geschlechte, dem Sidler entsprossen ist, einige Worte zu widmen, insbesondere der kraftvollen Gestalt des

[1]) Ich werde diese Aufzeichnungen, die auch den von Prof. Dr. F. Bützberger, Prof. Dr. J. H. Graf und a. Bundesrichter Dr. Leo Weber verfassten Biographien zugrunde liegen, zum grossen Teil wörtlich wiedergeben.

Digitized by Google

„Landammann Sidler". Diese Aufgabe glaube ich aber am besten dadurch lösen zu können, dass ich wörtlich wiedergebe, was Herr a. Bundesrichter Dr. Leo Weber in der soeben erwähnten Biographie[1]) über die Familie seines dahingeschiedenen Freundes und auch über diesen selbst gesagt hat:

„Georg Sidler, der edle Sohn eines edlen Vaters, war der Sprosse eines alten Zuger Geschlechtes. Sein Grossvater Georg Damian Sidler war zu Ende des 18. Jahrhunderts während zwei Jahren eidgenössischer Vogt im tessinischen Bezirk Maiental (Valle Maggia) gewesen und hatte sich durch gerechte und milde Amtsführung bei der Bevölkerung ein dankbares Andenken gesichert.[2]) Der Vater Professor Sidlers war der 1782 geborne, im ganzen Schweizerlande hochangesehene Landammann des Kantons Zug, Georg Joseph Sidler, von 1810 bis 1833 Tagsatzungsgesandter seines Heimatkantons, von 1813 bis 1834, so oft die Wahlordnung es erlaubte, Landammann, ein typischer Vertreter jener idealistischen Richtung der schweizerischen Staatsmänner aus der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, denen unser Land seine politische Regeneration und die Aufrichtung des neuen Bundes verdankt. Als im Jahre 1834 der Kanton Zug sich von der durch Landammann Sidler verkörperten freisinnigen Politik abzuwenden begann und der Einfluss Sidlers mehr und mehr schwand, siedelte der Mann, dessen Feuergeist es nicht vertrug, eine passive Rolle zu spielen, 1839 mit den Seinigen — seiner zweiten Gattin, zwei Töchtern aus erster Ehe, deren eine die hochgebildete Frau Professor Heinrich Schweizer wurde, und dem am 31. August 1831 gebornen Sohne (und einzigem Kinde) zweiter Ehe — nach Zürich über. Zürich wurde des Vaters und des Sohnes zweite Heimat. Dort fand der Vater (im Jahre 1861, neunundsiebzig Jahre alt) seine letzte Ruhestätte. Im Jahre 1845 schenkte die Gemeinde Unterstrass dem Alt-Landammann von Zug das Ehrenbürgerrecht; von 1845 bis 1861 gehörte derselbe dem Grossen Rate des Kantons Zürich an; fünfmal, von 1848 bis 1861, entsandte ihn der erste eidgenössische Wahlkreis (Zürich) in den schweizerischen Nationalrat, wo Landammann Sidler jeweilen bei Beginn der Amtsperioden berufen war, das Alterspräsidium zu führen. Er eröffnete die Sitzungen des Rates mit jenen markanten, weit über das Mass des Gewöhnlichen hinausragenden Reden, die

[1]) Sie ist in Nr. 315 (13. Nov. 1907) der „Neuen Zürcher Zeitung" veröffentlicht.

[2]) Zum Abschied (1792) überreichten ihm die Gemeinden der Talschaften Maggia und Lavizzarra silberne Ehrengeschenke mit lateinischer Widmung („Justitiae et clementiæ Georgii Damiani Sidler"). Diese Gegenstände — eine Kaffeekanne und ein Milchgefäss — sind vom Enkel vor einigen Jahren dem Schweizerischen Landesmuseum übergeben worden.

Digitized by Google

nachzulesen der heutigen Generation gut täte. Ein Idealist sprach aus ihnen, aber kein in Wolkenkuckucksheim weilender Schwärmer, sondern der auf dem Boden der Wirklichkeit stehende, idealen Zielen zugewandte Politiker. Ein glänzendes Zeugnis dieser Geistesrichtung bilden die Worte, mit denen Landammann Sidler 1848 die erste Sitzung des schweizerischen Nationalrates eröffnet, das parlamentarische Leben des Bundesstaates eingeweiht hat. „Wo man es mit dem Willen der Menschen und den Dingen in der Wirklichkeit zu tun hat" — so sprach der damals sechsundsechzig Jahre zählende Mann — „können Umgestaltungen selten einem schnellen, hohen Gedankenfluge folgen. Mag man für schöne und grosse Ideen noch so sehr erglühen, man darf sie im praktischen Leben nur als sternumglänzte Zielpunkte betrachten, glücklich, wenn es einem gelingt, sich in ihrer Richtung zu bewegen, überglücklich, wenn man sich ihnen einigermassen wahrnehmbar nähern kann."

„Landammann Sidler" — unter diesem Namen kannte und verehrte ihn das Schweizervolk bis an sein Lebensende — war ein nicht nur geistig hochbedeutender, sondern auch körperlich urkräftiger Mann, abgehärtet und in allen Leibesübungen gewandt; als Student hat er den Weg von Wien nach Zug zu Fuss, an dem vom Sohne als Reliquie sorgsam aufbewahrten Wanderstabe zurückgelegt; den Zugersee durchschwamm er mit Leichtigkeit in seiner ganzen Breite, und wie sein Vater, der Vogt des Maientals, leistete er auch als Jäger Grosses. Des Professors Mutter, Frau Maria Verena Sidler geb. Moos von Zug — sie ist 1886 im einundachtzigsten Jahre in Bern gestorben — war eine stattliche, schöne, kluge und willensstarke Frau, die richtige „Frau Landammann".

Anders geartet, körperlich und geistig, war der Sohn, der eben jetzt die Augen für immer geschlossen hat. Sein Körperbau, besonders in den Jugendjahren schmächtig und zart, liess auf einen schwächlichen Organismus schliessen; doch erstarkte er mit dem Alter und hatte niemals schwere Krankheiten durchzumachen, ja, er blieb bis ins letzte Jahr fähig, grössere Reisen mit intensivem Genusse zu unternehmen. Sein inneres Wesen liess die Charaktereigenschaften der Eltern wohl erkennen: hohes, geistiges Streben, grösste Gewissenhaftigkeit und Pflichttreue, strengste Wahrheitsliebe; aber der Sinn und die Begabung der Eltern für das praktische Leben sind nicht auf den Sohn übergegangen. Er war zeitlebens ein stiller, schüchterner Mann, der es ängstlich vermied, öffentlich aufzutreten, und sein Licht lieber unter als auf den Scheffel stellte. Indessen, in aller Stille und Zurückgezogenheit wahrte er sich doch seine, manchmal recht originelle geistige Selbständigkeit und bildete sich aus zu einer mit reichem

Digitized by Google

Wissen ausgestatteten Persönlichkeit. Dem Wissen gesellten sich Eigenschaften des Gemütes und der Gesinnung, die den Gelehrten zu einem verehrungswürdigen Menschen gemacht haben. Sein Gemüt glich einem unerschöpflichen Born treuherziger Güte, dem ohne Aufhören Werke der Menschenfreundlichkeit, gemeinnütziger und privater Wohltätigkeit entflossen. Ihm waren auch ein feines ästhetisches Gefühl und ein liebenswürdiger Humor eigen. Die schöne Literatur und die Kunst fanden in ihm einen warmen Verehrer, und Dichter und Dichterinnen konnten sich keinen verständnisvollern Vorleser ihrer Werke wünschen. Sidler brachte es zu tüchtigen fachwissenschaftlichen Leistungen, ein unstillbarer Wissensdurst drängte ihn jedoch, die Güter auf allen Gebieten der menschlichen Erkenntnis und Bildung nach Möglichkeit sich anzueignen. Er ist kein Fachgelehrter, kein Spezialist gewesen, dem die übrigen Wissenschaften gleichgiltige Dinge oder unnahbare verschlossene Schätze sind.

Mit dem römischen Dichter konnte der Verewigte von sich sagen: Ich bin ein Mensch — nichts Menschliches ist mir fremd."

Kehren wir jetzt zu den Aufzeichnungen Georg Sidlers zurück: „Nachdem klein Georg in Zug vom 6. bis 8. Jahr die Elementarschule besucht, erhielt er sein Schulprämium mit weiss und blauem Zugerband geschmückt. Im Herbst 1839, nachdem im Sommer vorher seine Mutter gestorben, siedelte mein Vater, da ihm in Zug seiner freisinnigen Denkweise halber jeder Wirkungskreis versperrt war, nach Zürich über und traf daselbst gerade acht Tage nach dem Straussenputsch ein. Er hatte dort in Unterstrass das Landgütchen zum „Weinberg" gekauft." Dieses Gut hatte bis dahin dem Vater des nachmaligen Botanikers Carl Cramer gehört, die Familie Cramer blieb dann aber noch einige Jahre in dem Hause als Mieterin wohnen und so schlossen die beiden Knaben Georg und Carl als Haus- und Altersgenossen schon damals einen Freundschaftsbund, der mehr als 60 Jahre, bis zum Tode Cramers, währte.

Nachdem der junge Sidler die Elementarschule von Unterstrass absolviert hatte, trat er Ostern 1843 in die erste Klasse des unteren Gymnasiums ein. Unter seinen Klassengenossen befanden sich der nachmalige Theologe Kesselring, der spätere Mediziner Fisch von Herisau und Arnold Hug, der nachmals Professor der klassischen Philologie an der Universität Zürich wurde. Ostern 1850 bestand Sidler als der vierte von dreizehn Kandidaten die Maturitätsprüfung und er entschloss sich nun zum Studium der Mathematik. Das war freilich nicht zufällig, denn in der Neigung zu dieser Wissenschaft

Digitized by Google

war er schon durch seinen Vater bestärkt worden. Herr Prof. Bützberger schreibt darüber in seiner Biographie (Schweiz. Pädagog. Ztschr., 1908): „Prof. Sidlers Vater hat von 1805—1808 auf der Universität Wien neben seinen juristischen Vorlesungen auch solche über Mathematik und Astronomie gehört, zwei Wissenschaften, denen er stets mit Vorliebe seine Mussestunden widmete. Bestärkt und gefördert wurde er in dieser Liebhaberei durch seine freundschaftlichen Beziehungen zum Mathematiker und Schanzenherr Johannes Feer in Zürich (1763—1823) und seinem Sohn, dem Ingenieur gleichen Namens (1796—1830). Diese besassen eine kleine Sternwarte, in welcher Sidler oft beobachten half. In Zug und in Zürich richtete er sich auf dem Dache seines Hauses selbst ein kleines Observatorium ein. Noch als Alterspräsident des Nationalrats suchte er gerne in seinen Lieblingsbüchern, in Kästners Anfangsgründen der Mathematik und im Traité du calcul différentiel et intégral von Lacroix seine innere Ruhe und Erholung, wie sein berühmter Zeitgenosse Casimir Pfyffer, der während seiner aus Parteihass auf falschen Verdacht hin erfolgten Verhaftung vom 2. bis 21. November 1845 ein Lehrbuch der Algebra mit all seinen Aufgaben durcharbeitete."

An der Zürcher Universität studierte Sidler namentlich bei Joseph Ludwig Raabe, der an der Hochschule schon seit ihrer Gründung tätig war, sowie bei Jakob Amsler, der damals als junger Privatdozent an der Universität wirkte[1]) und der bald darauf durch die Erfindung des genial erdachten Polarplanimeters seinen Namen mit unvergänglichem Ruhm bedecken sollte. Raabe ist nun schon vor fast einem halben Jahrhundert dahingeschieden, der verehrungswürdige Professor Amsler aber hat seinen Schüler überlebt und weilt heute noch unter uns.

Es sei hier noch zweier Studiengenossen Sidlers gedacht, die er in seinen Aufzeichnungen ausdrücklich erwähnt: Adolf Biedermann und Hermann Kinkelin. Der letztere, der nunmehr im 76. Altersjahre steht, ist jetzt nach 54jähriger angestrengter Lehrtätigkeit in den Ruhestand getreten, jedoch ohne auf die akademische Wirksamkeit ganz zu verzichten.

„Im Herbst 1852, schreibt Sidler, ging ich nach Paris und hörte bei Chasles Geometrie, bei Lamé mathematische Physik, bei Puiseux Mécanique céleste, bei Faye Astronomie, bei Bertrand Analysis, bei Leverrier eine Vorlesung über populäre Astronomie. Die Abende brachte ich meist in der meiner Wohnung (Hôtel du Panthéon) gegenüberliegenden Bibliothèque Geneviève zu. Mein Lieblingsspazier-

[1]) Amsler dozierte an der Zürcher Universität nur während einiger Semester, nämlich vom Wintersemester 1849/50 bis zum Wintersemester 1851/52.

Digitized by Google

gang war der Jardin du Luxembourg, auch der schattige, tiefer gelegene hintere Teil desselben, wo ganz hinten das mir sympathische Standbild der germanischen Seherin Velleda stand. An diesem vorbei führte mich der Weg, wenn ich Sonntags in das Knabenpensionat von Herrn Keller aus Zürich eingeladen war, an den ich von seinem Bruder in Zürich eine Empfehlung hatte.

Am 2. Dezember 1852 stand ich in den Champs Elysés und sah Napoleon III. als neuernannten Kaiser mit seinem Gefolge von Generalen von St. Cloud her in Paris seinen Einzug halten; es war ein kalter, trüber Dezembertag, und der Empfang von seiten des Volkes ebenfalls kalt. Der Kaiser gab bald darauf das Panthéon mit der stolzen Aufschrift „Aux grands hommes la patrie reconnaissante" dem katholischen Kultus zurück . . . . Als ich in den ersten Tagen nach meiner Ankunft beim Palais royal vorbeiging, frappierte mich im reservierten Hofe ein Herr, der das vollständige Ebenbild von Napoleon I. war: es war Plonplon, der Sohn des Königs Jérôme. Auch König Jérôme hatte ich mehrmals Gelegenheit zu sehen, merkwürdigerweise hatte dieser gar keine Ähnlichkeit mit Napoleon I.

Im Frühjahr 1853 traf mein alter Studiengenosse Biedermann in Paris ein und nahm sein Zimmer in demselben Hôtel garni wo ich. Biedermann hatte inzwischen in Zürich promoviert[1]); in Paris hörten wir die nämlichen Vorlesungen. Biedermann hatte viel Sinn für klassische Musik und auch für darstellende Kunst, und er verwendete in Anbetracht seiner damals beschränkten Mittel vieles auf schöne Stiche. — Gegen Ende meines Pariser Aufenthaltes zog in das Hôtel du Panthéon auch der Maler Deschwanden[2]) ein . . .

Durch einen Studierenden aus Hessen-Cassel, namens Bräutigam, der mir den einfachen geometrischen Beweis für die Eulersche Gerade zeigte, ging mir der Sinn für die synthetische Geometrie auf. Mit Interesse suchte ich auch die Aufgaben zu lösen, die den späteren Auflagen von Legendre's Geometrie beigefügt waren.

Viel Umgang hatte ich auch mit einem Studierenden aus Westphalen, namens Wesener... Wesener war ein strenger Katholik und wollte mich bei Jesuitenpatres einführen, was ich aber ablehnte. Einen Jesuiten aber lernte ich wirklich schätzen, den P. Jullien, der mit

[1]) Seine Dissertation ist betitelt „Über die Prinzipien der Differentialrechnung" (31 S.).

[2]) Gemeint ist der feinsinnige Maler Melchior Paul von Deschwanden (1811—1881) und nicht der nachmalige Professor am Polytechnikum Joseph Wolfgang von Deschwanden. Der letztere, ein Vetter des Malers, war damals Rektor der Industrieschule in Zürich. Bei der Gründung des Polytechnikums übernahm er dann neben dem Lehrstuhle für die darstellende Geometrie zugleich die Direktion der Schule. Paul von Deschwanden aber war niemals am Polytechnikum tätig.

Digitized by Google

mir die Vorlesungen bei Lamé und bei Puiseux hörte und an den ich mich immer mit Erfolg wandte, wenn mir irgend eine mathematische Schwierigkeit entgegentrat. Jullien gab später die wertvollen Problèmes de mécanique heraus.[1]) Schliesslich aber kehrte sich P. Jullien, wie ich von Prof. Valentin vernahm, ganz von der Mathematik ab und lebte als Missionär in Ägypten.

Wenn Freund Wesener mich bei den Jesuiten einführen wollte, so lud mich der Instituteur Keller ein, die Versammlungen der Jeunes gens chrétiens zu besuchen. Ich fand aber das Gebaren dieser Leute so widerwärtig, dass ich einmal hinging aber nicht wieder.

In den öffentlichen Sitzungen der Académie des sciences sah und hörte ich noch einige Male François Arago und nahm auch an seinem Begräbnisse teil.[2])

Hie und da besuchte ich die Kunstsammlung im Palais du Luxembourg, die damals noch in den beiden Hauptflügeln des Gebäudes untergebracht war. Man konnte auch über dem Eingangstore weg von dem einen Flügel zum andern gehen. In der Mitte dieses Weges, über dem Haupttore selber, sah man über die Rue de Seine am jenseitigen Horizonte die Windmühlen des Montmartre.

Gerne ging ich auch in die Kirche St. Sulpice, wo ich namentlich an der auf der Weltkugel stehenden Marienstatue auf dem Altare hinter dem Hauptaltare Freude hatte.

Zu seltenen Malen erlaubte ich mir, abends ins Café de la Rotonde in der Rue de Médecine zu gehen, wo man gewöhnlich Schweizer antraf und wo auch schweiz. Zeitungen, z. B. die Neue Zürcher Zeitung, auflagen.

Auf das zum ersten Male gefeierte Napoleonsfest hatte ich für acht Tage den Besuch meiner lieben Eltern. Dieselben hatten mir nicht genau angezeigt, an welchem Tage sie ankommen würden; welche freudige Überraschung hatte ich daher, als ich, erst halb angekleidet, früh morgens an meine Tür klopfen hörte, und draussen Vater und Mutter standen! Sie konnten bei Mme. Ballin ebenso im Hôtel du Panthéon ein Zimmer beziehen. Meine liebe Mutter hatte sich durch Stroharbeiten nach der Art von Wohlen im Aargau einen kleinen Erwerb geschaffen und aus diesem wurde die Reise nach Paris bestritten. Ich führte meine lieben Eltern in die hübsch geführte Laiterie in einem Hofe der Rue de l'école de médecine, wo ich zu frühstücken pflegte. Welches Interesse nahm meine Mutter an all den glänzenden Magazinen und mein Vater an den reichen historischen Erinnerungen des Zentrums von Frankreich!

[1]) Diese mit Recht sehr geschätzte Sammlung erschien 1855 in Paris in zwei Bänden unter dem Titel *Problèmes de mécanique rationelle.*

[2]) Der berühmte Physiker starb am 2. Oktober 1853.

Digitized by Google

Mit meinen Eltern machte ich auch in einem Vergnügungszug zu billigen Preisen einen Ausflug nach Havre und eine Überfahrt nach Honfleur. Welch grossartigen Eindruck machte auf uns alle drei der Anblick des Meeres!

Als meine lieben Eltern wieder fortgereist waren, war ich so traurig, dass ich beim nächsten Frühstück aus dem Korbe, das die Caféfrau präsentierte, nach dem feinsten und daher kleinsten Brödchen griff, da mir für ein grösseres jeder Appetit fehlte.

Beim Ausbruch des Krimkrieges sah ich auf dem Marsfeld die grossen Revuen, die der Kaiser zu Ehren von Lord Raglan und des englischen Generalstabes veranstaltete. Auch sah ich den glänzenden Trauungszug von Napoleon III. mit der schönen Kaiserin Eugenie nach Notre-Dame . . .

Als ich nach vier Semestern meine Studien in Paris vollendet hatte, stellte mir mein lieber Vater einen Besuch nach England frei. Allein es drängte mich, in Zürich meine Doktorprüfung zu bestehen, und so verzichtete ich auf die englische Reise.

Zu meinem Pariser Aufenthalte füge ich noch bei, dass ich einmal den Besuch des Philologen Dr. Thomann aus Zürich erhielt, der zu einem Studienaufenthalte nach England reiste und sich einige Tage in Paris aufhielt. Ich schenkte Thomann Macaulays History of England und er mir die schöne illustrierte Ausgabe der Chansons von Béranger.

Im Institute Keller lernte ich den späteren Prof. Hunziker in Aarau kennen. Von Prof. Baiter in Zürich erhielten wir beide, Hunziker und ich, den Auftrag, bei einem Pariser Antiquar einen Ciceronianischen Codex anzukaufen, der sich aus einem österreichischen Kloster dorthin verirrt hatte. Baiter gab uns einige Stichproben mit, um den Codex auf seine Ächtheit zu prüfen; der Preis betrug, glaube ich, 800 Fr.“

Einige weitere Mitteilungen über seinen Pariser Aufenthalt, die Sidler aufgezeichnet hat, können hier übergangen werden, da sie kein allgemeineres Interesse bieten. Manches davon ist freilich wieder so recht geeignet, den kindlich-edlen Sinn des trefflichen Mannes zu kennzeichnen, so z. B. wenn er schreibt: „Einmal nahm ich an der Beerdigung einer Näherin teil, die der protestantischen Kirchgemeinde angehörte; Institutsdirektor Keller hatte hiezu eingeladen.“

Als nach dem Tode Aragos (1853) dessen reichhaltige Bibliothek zur Versteigerung kam, erwarb sich Sidler hieraus die von Nathaniel Boneditch besorgte amerikanische, mit ausführlichem Kommentare versehene Übersetzung der Mécanique céleste von Laplace. „Boneditch dedizierte dieses bedeutende Werk, seine Lebensaufgabe, seiner Frau Mary, weil dieselbe durch ihre weise Führung der Haushaltung dem

Digitized by Google

Gatten ermöglicht habe, alle seine Zeit auf dieses eine Werk zu konzentrieren." Sidler schenkte das Werk später der Bibliothek der Sternwarte des eidgenössischen Polytechnikums.

„Bei meinem Weggang von Paris im Sommer 1854 hatte ich bei mir die lückenlos geführten und wohl ausgearbeiteten Vorlesungshefte:

M. Chasles: Géométrie supérieure (19 novembre 1852—18 mars 1853).

G. Lamé: Calcul des probabilités (19 novembre 1852—21 janvier 1853). Sur les fractions continues (26 janvier 1853—4 mars 1853). Théorie analytique de la chaleur (2 avril 1853—3 juin 1853). Coordonnées curvilignes (3 mai 1854—5 juillet 1854).

J. Liouville: Equations différentielles (juin 1853). Théorie des fonctions (déc. 1853).

U. J. Leverrier: Astronomie populaire (23 novembre 1852—7 mars 1853). Perturbations du système solaire (27 avril 1854—12 juin 1854).

V. Puiseux: Mécanique céleste (5 février 1853—19 juillet 1853, 29 novembre 1853—15 juillet 1854).

H. Faye: Astronomie mathématique (21 mars 1853—23 juillet 1853). Mouvement de la lune (9 janvier 1854—15 mars 1854).

J. Bertrand: Travaux des géomètres sur la mécanique analytique postérieurs à Lagrange (3 février 1853—19 mars 1853, 7 avril 1853—19 juin 1853). Mouvement des corps célestes dans les sections coniques (15 déc. 1853—30 mars 1854)."

Alle diese mit grosser Sorgfalt ausgearbeiteten Hefte befinden sich jetzt in der Stadtbibliothek Bern, der überhaupt der ganze mathematische Nachlass Sidlers testamentarisch vermacht worden ist. Dazu gehört auch noch ein von Sidler in seinen Aufzeichnungen besonders erwähntes Heft, das er während des Pariser Aufenthaltes von seinem Freunde Friedrich Looser[1]) abgeschrieben hatte. Den Inhalt dieses Heftes bildet eine Vorlesung von Gauss über die Methode der kleinsten Quadrate, die Looser im Winter 1852/53 in Göttingen gehört hatte.

„Nun bereitete ich mich auf meine Doktorprüfung vor. Zunächst hatte ich eine Doktordissertation in Arbeit zu nehmen. Die Anregung hiezu entnahm ich den bei Puiseux gehörten Vorlesungen. Wenn die Umlaufszeiten zweier Planeten sich nahezu wie zwei kleine ganze Zahlen verhalten, wie z. B. bei Jupiter und Saturn, deren Umlaufszeiten sich nahezu wie 3 zu 5 verhalten, so ergeben sich unter den gegenseitigen Störungen dieser Planeten solche, die wegen ihrer langen Periode bedeutend anwachsen können und dann namentlich im Ausdrucke der mittleren Länge dieser Planeten hervortreten. Eine ähnliche Beziehung besteht nun zwischen Uranus und Neptun[2]), indem deren Umlaufszeiten sich nahezu wie 1 zu 2 verhalten. Die darauf

[1]) Friedrich Looser von Bischofszell (1833—1900) hatte ursprünglich Mathematik studiert, sich dann aber dem Ingenieurberufe gewidmet. Siehe den Nekrolog in der Schweiz. Bauzeitung, Bd. 36, 1900, S. 157.

[2]) Es darf daran erinnert werden, dass dieser Planet erst wenige Jahre zuvor, am 23. Sept. 1846, auf Grund der Rechnungen Leverriers von Galle entdeckt worden war.

Digitized by Google

beruhenden Störungen von langer Periode (4051 Jahre) bilden den Inhalt meiner Dissertation: „Sur les inégalités du moyen mouvement d'Uranus dues à l'action perturbatrice de Neptun. Zürich 1854." Die nachherige Herausgabe der „Annales de l'observatoire de Paris par Leverrier, Mémoires", gestattete mir in der Folge, den Inhalt meiner Dissertation kürzer und schärfer zu entwickeln, und in dieser neuen Form erschien die Arbeit unter dem Titel: „Über die Acceleration des Uranus durch Neptun, von Dr. G. Sidler, Privatdozent in Bern" in den „Astronomischen Nachrichten" Nr. 1149 vom 28. Juni 1858.

Seit dem Jahre 609 unserer Zeitrechnung bewirkt Neptun eine Acceleration des Uranus, die bis 2634 dauern wird. Im letzteren Jahre wird Uranus 5,9 Bogensekunden mehr zurücklegen, im Jahre 609 hat Uranus 5,9 Bogensekunden weniger zurückgelegt als wenn Neptun nicht existierte. Im Jahre 1621 stand Uranus um $1^0\,3\,^1/_3{}'$ zurück, im Jahre 3647 wird Uranus um $1^0\,3\,^1/_3{}'$ vorausgeeilt sein in Bezug auf einen Planeten, der in derselben Distanz von der Sonne der Einwirkung des ganzen Sonnensystems ohne Neptun ausgesetzt wäre.

Die Einwirkung des Uranus auf Neptun geschieht in umgekehrtem Sinne. Vom Jahre 609 bis 2634 wirkt Uranus auf Neptun verzögernd, von 2634 bis 4659 beschleunigend ein. Die Maximalbeträge dieser Verzögerung und Beschleunigung, und die Minimalbeträge, um welche sich Neptun von einem Planeten in derselben Distanz von der Sonne, der der Einwirkung des Uranus nicht ausgesetzt wäre, unterscheidet, sind aber bloss halb so gross als die entsprechenden Beträge für Uranus.

Bei der Doktorprüfung hatte ich zwei schriftliche Klausurarbeiten zu machen, die eine bei Prof. Raabe: „Über das Wesen und die wichtigsten Anwendungen der bestimmten Integrale", die andere bei Prof. A. Müller[1]): „Herleitung der Keplerschen Gesetze aus der allgemeinen Anziehung und die umgekehrte Aufgabe." Endlich

[1]) Anton Müller (1799—1860) war damals der eigentliche Ordinarius für Mathematik, während Raabe, der schon seit Gründung der Hochschule (1833) an dieser dozierte, zwar 1843 Extraordinarius geworden war, aber erst Herbst 1855 gleichzeitig mit der Professur am neugegründeten Polytechnikum ein Ordinariat an der Universität erhielt. Neben beiden wirkte noch als Privatdozent seit 1833 der treffliche Carl Heinrich Græffe, dessen Sidler stets mit grosser Verehrung gedachte. Es ist nicht ohne Interesse, zu lesen, was Rudolf Wolf über die damaligen mathematischen Verhältnisse an der Zürcher Universität schreibt. In dem Lebensbilde, das er 1874 von Græffe in der Neuen Zürcher Zeitung entworfen hat, heisst es: „Neben den litterarischen Arbeiten ist in diesem Abschnitte noch Græffes Tätigkeit an der 1833 gleichzeitig mit der Kantonsschule in Zürich eröffneten Hochschule zu besprechen, an der anfänglich für Mathematik nur zwei Privatdozenten tätig waren: Græffe, der zunächst nach dem Vorgange seines Lehrers Thibaut ein allgemeiner zugängliches Kolleg über „Reine Mathematik" las, und sein am Gymnasium lehrender Freund Raabe, welcher meist höhere Partien der Arithmetik oder analytische

Digitized by Google

die mündliche Prüfung vor der gesamten Fakultät. Das Resultat dieser Arbeiten war die Erteilung des Doktorgrades der Philosophie *summa cum laude*. Endlich hatte ich noch im Beisein der Fakultät eine öffentliche Rede zu halten. Ich wählte hiezu als Thema: „Über die Bewegungen im Sonnensystem und die allgemeine Anziehung." Am Schlusse dieser Vorlesung fand am 13. September 1854 die feierliche Promotion statt.[1])

Unmittelbar darauf meldete ich mich bei der philosophischen Fakultät in Zürich als Privatdozent für Mathematik und Astronomie an und erhielt die Venia docendi nach einer Probevorlesung über die „Methode der kleinsten Quadrate" am 1. November 1854.

Ehe ich meine Tätigkeit als Privatdozent begann, wollte ich noch eine deutsche Universität kennen lernen und so reiste ich nach meiner Habilitation sofort nach Berlin ab. Es war ein kalter Novemberabend und in der Post, die ich von Winterthur bis Rorschach noch benutzen musste, litt ich sehr durch die Kälte, so dass mir die Fahrt fast endlos vorkam.

---

Mechanik zum Vorwurf seiner Vorlesungen wählte. Als sodann der Grosse Rat im Herbst 1836 eine eigene Lehrkanzel für Mathematik errichtete, dachte männiglich, dass einer der beiden geschätzten Dozenten auf dieselbe berufen werde, oder vielleicht, da die Wahl zwischen ihnen zu schwer halten dürfte, der ordentlichen zunächst zwei ausserordentliche Professoren substituiert werden möchten; aber die damaligen Götter i. O. hatten es anders beschlossen, und obschon ihnen auch die Fakultät schüchtern zurief: „Willst Du immer weiter schweifen, sieh' das Gute liegt so nah'", zogen sie von Heidelberg einen neuen Mathematiker herbei, obschon derselbe beiden an wissenschaftlicher Tüchtigkeit entschieden nachstand und als Lehrer nicht das Wasser reichte. Dass ein solcher Vorgang die beiden Dozenten nicht sehr ermutigte, liegt auf der Hand, doch liessen sie sich von ihren Freunden und Zuhörern schliesslich bewegen, wieder anzukündigen, und nun hatte man in Zürich Jahre lang das interessante Schauspiel, dass die beiden unbesoldeten Privatdozenten immer lesen konnten, während der besoldete Ordinarius nur selten, und auch da meistens nur auf wenige Stunden, die Bekanntschaft eines Studenten machte. Erst 1860 wurde Græffe endlich zum Extraordinarius an der Hochschule befördert, und auch da noch „ohne Aussetzung eines Gehaltes", — so geht es manchmal auf dieser, zum Glücke nur „zweitbesten" Welt."

Raabe starb 1859, Müller, der von seiner Heidelberger Abhandlung über die „gauchen (!) Polygone" (polygones gauches) den Beinamen „Gauchenmüller" führte, 1860. Und nun blieb das Ordinariat für Mathematik volle 16 Jahre unbesetzt! Neben Græffe, der 1867 als Extraordinarius resignierte, amteten in diesem Zeitraume noch A. Olivier (Extraordinarius 1870—1876), W. Denzler (geb. 1811, Privatdozent seit 1865, Extraordinarius 1875—1894) und überdies als Privatdozenten J. W. v. Deschwanden, H. Durège, E. Lommel, H. Weith, C. Hug, A. Weilenmann, einige von diesen allerdings nur ganz kurze Zeit. Erst 1876 erhielt mit der Ernennung von Arnold Meyer (1844—1896) zum Ordinarius die Mathematik wieder eine offizielle Vertretung.

[1]) In voller Frische des Körpers und des Geistes konnte Sidler 1904 sein fünfzigjähriges Doktorjubiläum feiern. Bei diesem Anlasse erneuerte ihm die Zürcher Fakultät das Diplom. Überdies wurden dem verehrten Jubilare zwei Gratulationsschriften gewidmet: „Die konjugierten Kernflächen des Pentaeders" von Prof. Dr. C. F. Geiser und „Die Möndchen des Hippokrates" vom Verfasser dieses Nachrufes. Die beiden Abhandlungen sind im 50. Jahrgange der Vierteljahrsschrift abgedruckt.

Digitized by Google

In Berlin fand ich ein bescheidenes Zimmer bei ordentlichen Schneidersleuten, namens Winterfeld, in der Leipzigerstrasse, nahe bei Einmündung der Mauerstrasse . . .

Die hauptsächlichsten Vorlesungen, die ich hörte und sorgfältig ausarbeitete, waren:

Lejeune-Dirichlet: Die Lehre von den Kräften, die nach umgekehrtem Verhältnis des Quadrates der Entfernung wirken, mit Anwendung auf physikalische Probleme. Über trigonometrische Reihen. Über Kugelfunktionen.
Encke: Über theoretische Astronomie. Clausius: Mathematische Physik.

Vor allen zog mich der geistig durchdachte Vortrag von Dirichlet an.

Zuweilen hospitierte ich auch da und dort. Ausserordentlich frappierte mich die Persönlichkeit des Mineralogieprofessors Christian Samuel Weiss, dieses damals fast 75jährigen Greises mit den prägnanten Gesichtszügen und den auf die Schultern herabfallenden weissen Locken. Es war eine wahre Freude zu sehen, mit welcher Begeisterung Weiss einen Krystall in die Hand nahm und die Geometrie seiner Flächen entwickelte.

Nach einiger Zeit übergab mir Encke zur Berechnung für das Berliner Astronomische Jahrbuch von 1856 die Jahresephemeride des Neptun für 1856. Bei Abgabe des Manuskriptes [1]) gestattete mir Encke, an den nächtlichen Beobachtungen auf der Sternwarte teilzunehmen, was ich fleissig benutzte, ja ich kann sagen zu fleissig, denn diese Nachtwachen waren mir auf die Dauer schädlich: ich wurde den Tag über schläfrig, und so wurden mir die Vorlesungen, die ich im zweiten Semester, das ich in Berlin zubrachte, Sommer 1855, zu hören beabsichtigte, verdorben. Einzig die Vorlesung von Lejeune-Dirichlet: „Zahlentheorie und Anwendungen der Integralrechnung auf Zahlentheorie" habe ich lückenlos ausgearbeitet und ferner habe ich die zwei übrigen Vorlesungen des Dirichletschen viersemestrigen Zyklus aus Heften früherer Zuhörer abgeschrieben: „Über bestimmte Integrale", mit Anwendungen bestimmter Integrale und Elementen der Reihentheorie, nach Heften von Bertram [2]) und Hermes [3]), Sommer 1848, und Bruhns [4]), Sommer 1854; und „Über partielle Differentialgleichungen" nach Heften von Hermes, Winter 1847/48, und Hagenbach [5]) Winter 1853/54.

[1]) Siehe das Verzeichnis der Publikationen von Sidler.

[2]) Heinrich Bertram (1826—1904), der spätere Stadtschulrat von Berlin.

[3]) Oswald Hermes, geb. 1826, später Professor am Köllnischen Gymnasium zu Berlin, 1896 emeritiert, der Herausgeber des bekannten „Grundrisses der Experimentalphysik" von E. Jochmann.

[4]) Carl Christian Bruhns (1830–1881), der spätere Direktor der Leipziger Sternwarte.

[5]) Eduard Hagenbach-Bischoff, geb. 1833, der bekannte Basler Physiker, unser hochgeschätztes Ehrenmitglied.

Digitized by Google

Wenn ich in diesen Vorlesungsheften lückenhafte oder unverstandene Stellen fand, so durfte ich mich darüber mit Dirichlet selber besprechen, so dass ich nun wirklich glaube, alle vier Hauptvorlesungen, die Dirichlet in Berlin zu halten pflegte, in tadelloser Wiedergabe in dem zusammengebundenen dicken Hefte zu besitzen.

Auch eine Vorlesung, die C. Bremiker[1]) im Sommer 1855 an der Architektenschule[2]) über Geodäsie hielt, habe ich gehört und grösstenteils ausgearbeitet.

Hingegen ist mir unters Eis gegangen eine wichtige Vorlesung von R. Clausius[3]) über die Theorie der Wärme, nicht vollendet habe ich eine Vorlesung von Borchardt über Elliptische Funktionen. Ja selbst eine Vorlesung des grossen Geometers Jakob Steiner ist mir zu Wasser geworden; dagegen habe ich von Steiner sonst profitiert auf zahlreichen Spaziergängen, die ich mit letzterem machen durfte. Als ich schon in Bern war (von Herbst 1856 an) kopierte ich Hefte von R. Clausius[4]) über Steinersche Vorlesungen vom Sommer 1842 und Winter 1842/43 über Eigenschaften der Kegelschnitte, Geometrische Orte und Geometrische Übungen, und Steiner selber ergänzte mir darin manche Partien. Ebenso überliess mir Georg von Wyss[5]) von Zürich ein Steinersches Collegienheft vom Sommer 1839 Über Stereometrie zum Kopieren.

Auf der Sternwarte war ich mit Lesser und anderen dem grossen Äquatoreal zugeteilt, das zur Beobachtung der kleinen Planeten diente. Ich will erzählen, wie man diese Körperchen im Fernrohre auffand. Im Jahrbuche hatte man die Orte derselben vorausberechnet. Da aber diese Planetchen neu entdeckt waren, so waren die vorausberechneten Ephemeriden noch unsicher. Wenn daher das Fadenkreuz des Äquatoreals auf den in der Ephemeride angegebenen Punkt des Sternhimmels gerichtet worden war, so traf die

[1]) Carl Bremiker (1804—1877), Sektionschef am geodätischen Institut zu Berlin, Herausgeber verschiedener mathematischer Tafelwerke.

[2]) Gemeint ist die 1799 gegründete Bauakademie, die bekanntlich 1879 mit der 1821 ins Leben gerufenen Gewerbeakademie zur Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg vereinigt wurde.

[3]) Clausius war seit 1850 Privatdozent an der Berliner Universität und gleichzeitig Lehrer an der Artillerieschule. Herbst 1855 wurde er bekanntlich an das eidgenössische Polytechnikum berufen.

[4]) Clausius hatte 1840—1844 in Berlin studiert.

[5]) Georg von Wyss (1816—1893), nachmals Professor für Schweizergeschichte an der Universität Zürich. Er hatte sich ursprünglich der Mathematik und Physik gewidmet und in Genf, Berlin (namentlich bei Dirichlet, Steiner, Encke und Dove) und Göttingen (bei Gauss, Weber, Stern u. a.) studiert. Siehe die beiden von G. Meyer v. Knonau verfassten „Neujahrsblätter zum Besten des Waisenhauses in Zürich" für 1895 und 1896, die auch für die Geschichte der Mathematik, insbesondere für die Charakteristik von Steiner, viel Interessantes enthalten.

Digitized by Google

Achse des Rohres auf eine leere Stelle des Himmels; um diese Stelle herum erglänzten aber im Gesichtsfelde mehrere ganz feine Sternpünktchen, und eines von diesen Pünktchen musste wohl der gesuchte Planet sein, aber welches? Im äusseren Aussehen unterschied nichts das Planetchen von den umgebenden Fixsternchen. Das Unterscheidungsmerkmal war das Ei des Kolumbus. Man drehte das (die Bilder umkehrende) Fernrohr links über die ganze Sterngruppe hinaus, dann führte die Bewegung des Himmels die Sternchen eins nach dem andern über den Vertikalfaden des Fadenkreuzes hinüber, und der Beobachter merkte sich an der Sekunden schlagenden Sternuhr die Sekunde und den Bruchteil einer Sekunde, wann dieses eintrat. Zur Kontrolle wurden diese Beobachtungen mehrmals hintereinander wiederholt. Dann wird eine Pause von zirka einer halben Stunde gemacht und nach dieser Pause lässt man die betreffende Sterngruppe nochmals durch den Vertikalfaden des Fernrohrs gehen. Nimmt man nun wieder die Unterschiede zwischen den Durchgangszeiten der einzelnen Sterne und vergleicht diese Differenzen mit den früher erhaltenen, so wird man erkennen, dass in der Zwischenzeit eines der Sternchen seine Lage gegen die übrigen etwas verändert hat. Dieses ist das gesuchte Planetchen.

Auf der Sternwarte war Bruhns, der spätere Direktor der Sternwarte zu Leipzig, am grossen Meridianfernrohr beschäftigt, und Winnecke,[1]) später in Strassburg, am Durchgangsfernrohr durch den ersten Höhenkreis von Ost nach West.

Bruhns, ursprünglich Schlosserlehrling, zeichnete sich durch ein ganz eminentes Gedächtnis aus; er befasste sich sogar eine Zeit lang ernstlich damit, die 5stellige Logarithmentafel auswendig zu lernen!

Winnecke, ein junger Mann von gebildeten Umgangsformen, war eine ernst religiöse Natur. Er war Schüler und Verehrer von Gauss in Göttingen, aber aus dem Bilde von Gauss schnitt er den von Gauss gewählten Wahlspruch aus Shakespeare's King Lear: „Nature, thou art my goddess, to thy laws my services are bound" heraus.

Die anhaltende Beschäftigung auf der Berliner Sternwarte gereichte mir mehr zum Schaden als zum Nutzen. Denn das Zubringen ganzer Winternächte in den kalten Räumen rächte sich am Tage durch Schläfrigkeit, und so wurden meine Aufzeichnungen von wichtigen Vorlesungen lückenhaft." —

Im August 1855 kehrte Sidler von Berlin zurück. Die Reise ging über München, wo er mit seinen Eltern, die ihm entgegengereist

[1]) August Winnecke (1835—1897), von 1872—1883 Professor der Astronomie und Direktor der Sternwarte an der neugegründeten Universität Strassburg.

Digitized by Google

waren, zusammentraf. Und in Zürich konnte er nun, bald nach der Ankunft, zusammen mit seinem Vater der Eröffnungsfeier des eidgenössischen Polytechnikums beiwohnen, die am 15. Oktober 1855 stattfand. Dem jungen Gelehrten musste diese Feier einen besonders erhebenden Eindruck machen: wusste er doch, welch hervorragenden Anteil der Vater an dem Zustandekommen der eidgenössischen technischen Hochschule gehabt hatte. So berichtet z. B. Wilhelm Öchsli in der „Festschrift zur Feier des fünfzigjährigen Bestehens des Eidgenössischen Polytechnikums" über die denkwürdigen Sitzungen der Bundesversammlung vom Januar des Jahres 1854, die der Hochschulfrage galten, folgendes: „Grossen Eindruck machte die glühende Begeisterung, womit der ehrwürdige Veteran Altlandammann Sidler von Zug, jetzt Vertreter von Zürich, der 1848 und 1851 Alterspräsident des Nationalrates gewesen war, die Versammlung aufforderte, freudig und mutig zum Werke zu schreiten: „ Vertrauen wir dem Bunde und realisieren wir seine schönste Idee"!"

Aber auch noch in anderer Hinsicht war die Gründung des eidgenössischen Polytechnikums für Georg Sidler bedeutungsvoll. Es war beschlossen, dass die grundlegende Vorlesung über Differential- und Integralrechnung, an der die Bauschule, die Ingenieurschule und die Mechanisch-technische Schule (die Fachlehrerabteilung wurde bekanntlich erst 1866 ins Leben gerufen) teilnahmen, zweisprachig gehalten werden sollte. Die Vorlesung in deutscher Sprache war Raabe übertragen worden, der sie auch bis Ostern 1858 durchführte. Zunehmende Kränklichkeit zwangen ihn damals zur Demission, und dann trat Richard Dedekind an seine Stelle, der diese Professur vier Jahre lang, von Ostern 1858 bis Ostern 1862, innehatte. Für die Parallelvorlesung in französischer Sprache war Jean Pierre Ferdinand Servient, ein in Brüssel lebender französischer Flüchtling, gewonnen worden. Dieser kam aber im Herbst 1855 bereits so leidend in Zürich an, dass er, ohne sein Amt wirklich anzutreten, sofort Urlaub nehmen musste. Er starb denn auch schon im April 1856 auf der Überfahrt nach den Antillen, wo er von seinen Leiden Heilung hatte suchen wollen. Unter solchen Verhältnissen musste es dem schweizerischen Schulrate sehr willkommen sein, in Georg Sidler, dem er bereits am 30. August 1855 die Venia legendi für mathematische und astronomische Fächer erteilt hatte, einen jungen Gelehrten zur Verfügung zu haben, der dank seiner Sprachgewandtheit in der Lage war, sofort in die durch Servients Erkrankung entstandene Lücke einzutreten. Am 22. Oktober verfügte der Schulrat: „Es sei die von Herrn Prof. Servient angekündigte Vorlesung „Eléments du calcul différentiel et du calcul intégral avec exercices" Herrn



Digitized by Google

Privatdozent Dr. Sidler zu übertragen, in der Meinung, dass sie französisch gehalten werde."

Sidler verwaltete diese Vorlesung während zweier Semester bis Herbst 1856. Er selbst schreibt darüber in seinen Aufzeichnungen: „Bei dieser französisch, wie ich glaube nicht ohne Erfolg gehaltenen Vorlesung hatte ich als Zuhörer Herrn Largiadèr, den späteren Pädagogen, Tièche, den späteren Schulrat, Cherbuliez, später Schuldirektor in Mülhausen[1]), u. a. m. Auch die Prüfung, die ich am Schlusse abhalten musste, fiel, wie ich hoffe, zur Befriedigung der anwesenden Schulbehörden aus." [2])

Warum bei der Neubesetzung der Stelle, Herbst 1856, die Wahl nicht auf Sidler fiel, ist aus den Akten des Schulrates nicht zu ersehen. Doch wird man kaum fehl gehen mit der Annahme, dass Sidlers allzu grosse Bescheidenheit dabei mitgespielt habe. Dem Polytechnikum freilich wäre aus der Ernennung Sidlers aus mehr als einem Grunde ein wirklicher Gewinn erwachsen. Denn die Wahl des Genfers Amy de Beaumont erwies sich gleich von Anfang an als eine sehr unglückliche. Und als dieser schon nach einem Jahre, Herbst 1857, seine Entlassung nehmen musste, blieb die französische Professur volle drei Jahre lang verwaist, bis sie endlich Herbst 1860 in Edouard Méquet wieder einen würdigen Vertreter fand.

War Sidler der erste Privatdozent am eidgenössischen Polytechnikum gewesen, so ist er zugleich auch von allen den Lehrern, die mit ihm während des ersten Semesters 1855/56 an unserer technischen Hochschule gewirkt haben, als der letzte aus dem Leben geschieden: Am 17. Oktober 1907 war ihm Gustav Zeuner vorangegangen, wenige Wochen später, am 9. November, sank mit Georg Sidler das letzte Mitglied jenes illustren Kollegiums ins Grab, dem Semper, Culmann, Clausius, Mousson, Heer, Nägeli, Escher v. d. Linth, Bolley, Vischer, Burckhardt u. a. angehört hatten. Das eidgenössische Polytechnikum wird auch Georg Sidler trotz der Kürze seiner zürcherischen Wirksamkeit ein treues Andenken bewahren.

Herbst 1856 erhielt Sidler einen Ruf als Lehrer der Mathematik an die neugegründete Kantonsschule in Bern. Vierundzwanzig Jahre lang, bis zu ihrer Aufhebung im Jahre 1880, hat er dieser Anstalt als ungemein anregender, von seinen Schülern hochgeschätzter und geliebter Lehrer gedient. Neben den mathematischen Fächern, die

---

[1]) Nach langjähriger pädagogischer Tätigkeit in Bern und Mülhausen hat sich Herr Dr. Emil Cherbuliez nunmehr wieder in Zürich niedergelassen und wirkt seit Herbst 1908 am eidgenössischen Polytechnikum als Privatdozent für Geschichte der Physik und mathematische Physik.

[2]) Mit diesen Worten schliessen die Aufzeichnungen Sidlers ab.

Digitized by Google

er in den oberen Klassen der Literar- und Realabteilung zu lehren hatte, übernahm er während mehrerer Jahre in den beiden obersten Realklassen auch den Unterricht in der Mechanik, ja sogar von 1870 bis 1880 den in der Geschichte — ein Beweis für die Vielseitigkeit seiner Bildung überhaupt, zugleich aber auch ein Beleg für das grosse Interesse, das er historischen Untersuchungen, zumal auf mathematischem Gebiete, stets entgegenbrachte und das er bei den verschiedensten Gelegenheiten zu bekunden wusste.

Gewissermassen als eine Fortsetzung seiner Tätigkeit an der Kantonsschule kann sein Wirken als Mitglied der kantonalen Maturitätsprüfungskommission angesehen werden, der er von 1880 bis 1905 angehörte. In dieser Eigenschaft hatte er sämtliche Abiturienten der Literar- und Realgymnasien von Bern, Burgdorf und Pruntrut in der Mathematik zu prüfen. Mit welchen Schwierigkeiten diese Expertentätigkeit verbunden ist, hat Herr Prof. Bützberger in seiner, wie mir scheint, sehr berechtigten Kritik des ganzen Expertenwesens ausführlich auseinandergesetzt, zugleich aber auch dargelegt, wie Sidler seiner Aufgabe gerecht zu werden wusste: „Professor Sidler hat es wie kein Zweiter verstanden, die Härten und Unzweckmässigkeiten des bernischen Prüfungsmodus zu mildern, wofür ihm die Lehrer und Schüler sehr dankbar waren. Sein würdevoller Ernst, seine innere Wärme, sein vertrauenerweckendes Wohlwollen, sein Geschick, auf jeden, auch nur einigermassen brauchbaren Gedankengang der Examinanden einzutreten, werden allen bei diesen Prüfungen Beteiligten in angenehmster Erinnerung bleiben." Ich kann dies aus eigener Erfahrung bestätigen. Der Zufall wollte es, dass ich der letzten Prüfung, die Sidler abhielt — es war in Burgdorf 1905 —, beizuwohnen hatte. Es wird mir unvergesslich sein, mit welch heiliger Begeisterung, mit welch jugendlichem Feuer der 74jährige Examinator da seines Amtes waltete. Die Lebhaftigkeit der Sprache und der Bewegungen des sonst so stillen und ruhigen Mannes verliehen der ganzen Prüfungsszene einen geradezu dramatischen Reiz. Man glaubte eine Gestalt aus Shakespeare vor sich zu sehen. Und dabei verriet doch bei aller Strenge, die ja die mathematische Behandlung erforderte, jede Äusserung, jede Miene, jedes Wort den herzensguten Menschen.

Gleich nach seiner Ankunft in Bern hatte sich Sidler auch um die Venia docendi für Mathematik und Astronomie an der Berner Universität beworben und schon mit dem Sommersemester 1857 konnte er seine akademische Tätigkeit mit einer zweistündigen Vorlesung über Astronomie beginnen. Bis kurz vor seinem Tode, fast ein halbes Jahrhundert hindurch, hat er, mit nur wenigen Ausnahmen,

Digitized by Google

Semester für Semester über die verschiedensten Gebiete gelesen. Herr Prof. Graf hat sich in seiner Biographie (Mitteil. d. Naturf. Gesellsch. in Bern, 1907) der verdankenswerten Mühe unterzogen, ein genaues Verzeichnis all dieser Vorlesungen zusammenzustellen. Bei flüchtiger Durchsicht schon überrascht die Mannigfaltigkeit und die Eigenart der Themata. Da sind zunächst astronomische Vorlesungen: Astronomie, Theorie der Kräfte, die nach dem Newtonschen Gesetz wirken, Elemente der analytischen Mechanik mit Anwendung auf die Theorie der Planetenbewegung, Astronomie in populärer Fassung, Theorie der Störungen, Theoretische Astronomie, Mechanik des Himmels, Theorien der Mondbewegung, Mathematische Geographie und Übersicht der Erscheinungen am gestirnten Himmel, Über die Einrichtung des Kalenders, Das Problem der drei Körper, Planetarische Ephemeriden und Bahnbestimmungen u. ähnliche. Damit wechseln ab Vorlesungen, die der Arithmetik, der Algebra, der Analysis, der Funktionentheorie und der mathematischen Physik angehören, wie: Algebraische Analysis, Über die Eigenschaften der ganzen Zahlen, Über trigonometrische Reihen, Elemente der Differential- und Integralrechnung, Elliptische Funktionen, Über Funktionen komplexer Grössen, Einleitung in die mathematische Physik, Theorie und Anwendungen der Kugelfunktionen, Theorie und Anwendungen der Potentialfunktionen, Wahrscheinlichkeitsrechnung und Methode der kleinsten Quadrate, Anwendung der Infinitesimalrechnung auf Geometrie, Über Ellipsenbogen, deren Differenz rektifizierbar ist, und andere. Dazwischen las er über Synthetische Geometrie, Analytische Geometrie, Neuere Geometrie nach Steiner, Kinematische Geometrie, usw. Mit Vorliebe behandelte er auch die Elementargeometrie, insbesondere Ebene und sphärische Trigonometrie sowie die Neuere Geometrie des Dreiecks. „Der letzteren, schreibt Herr Professor Bützberger, widmete Sidler die grösste Aufmerksamkeit. Er besass darüber eine umfassende Literatur, die er mit dem lebhaftesten Interesse studierte, verbesserte und ergänzte. Die Hochschulbibliothek in Bern, welche den wissenschaftlichen Teil der Bibliothek des Verstorbenen erhält, kann stolz sein auf diesen reichen Schatz gediegener, zum Teil höchst seltener und wertvoller Bücher." Zum Schlusse sei noch erwähnt, dass Sidler im Sommersemester 1896 auch ein zweistündiges Kolleg, betitelt „Übersicht der Geschichte der Mathematik" gehalten hat.

Trotz dieser sehr ausgedehnten und auch erfolgreichen Lehrtätigkeit musste Sidler doch lange warten, bis ihm von der Behörde auch nur eine bescheidene Anerkennung zuteil wurde. Es dauerte bis zum Jahre 1866, bis er auch nur den Titel eines Honorarprofessors erhielt. Herr Prof. Graf schreibt darüber: „Am 24. Juli 1866 stellte

Digitized by Google

Prof. Wild [1]) den Antrag, die Fakultat möchte eine Kommission einsetzen, um zu untersuchen, ob man nicht Herrn Dr. Georg Sidler, Privatdozent der Mathematik, der Erziehungsdirektion zur Erteilung einer Honorarprofessur für Astronomie und Mathematik empfehlen wolle. Als Gründe führt er an, dass Herr Sidler seit 7 bis 8 Jahren fast jedes Semester eine, bisweilen auch zwei Vorlesungen mathematischen Inhaltes gehalten und zudem der einzige gewesen sei, der während dieser Zeit Kollegien über Astronomie angekündigt und auch zwei Male welche gelesen habe. Seines Wissens seien die Vorlesungen des Herrn Sidler vom besten Erfolge begleitet gewesen. Andererseits habe sich auch Herr Sidler durch eine Reihe von Originalarbeiten auf dem Gebiete der Mathematik und theoretischen Astronomie einen Namen gemacht und endlich an der Hebung und Förderung unserer Sternwarte tätigen Anteil genommen. Derselbe müsse seiner gründlichen theoretischen Kenntnisse in der Astronomie halber bei allen astronomischen Arbeiten auf der Sternwarte zugezogen werden. Es sei daher nicht mehr als billig, wenn man ihm für die geleisteten Dienste die vorgeschlagene Anerkennung zu teil werden lasse. Die Herren Schläfli, Gerwer und Schwarzenbach befürworteten lebhaft diesen Antrag und wünschten eine sofortige Beschlussfassung ohne Niedersetzung einer Kommission. Mit Mehrheit wurde sofort Beschluss gefasst und Herr Sidler ohne weiteres der Erziehungsdirektion zur Erteilung einer ausserordentlichen Professur für Astronomie und Mathematik empfohlen. Der Regierungsrat ernannte am 1. September 1866 Sidler in Anerkennung seiner Verdienste als akademischer Lehrer und seiner Leistungen als Schriftsteller zum Professor honorarius für Astronomie und Mathematik."

Das Jahr 1866 war für Sidler auch noch in anderer Hinsicht ein gesegnetes. In diesem Jahre verheiratete er sich mit Hedwig Schiess, der Tochter des ersten Bundeskanzlers der neuen Eidgenossenschaft. Wer das Glück gehabt hat, den beiden trefflichen Menschen näher zu treten, der weiss auch, dass dieser Bund, den erst der Tod hat lösen können, ein ungewöhnlich harmonischer und glücklicher gewesen ist.

Das Jahr 1880 brachte endlich Sidler die Ernennung zum ausserordentlichen Professor für Mathematik und Astronomie. Als dann im Jahre 1891 Schläfli demissionierte, wäre Sidler wohl der gegebene Nachfolger im Ordinariate gewesen, wenn er nicht ausdrücklich erklärt hätte, dass er die Wahl nicht annehmen würde. Im Jahre 1898 legte er auch das Extraordinariat nieder, liess sich aber auf

[1]) Heinrich Wild (1833—1902) wirkte von 1858—1868, seit 1862 als Ordinarius als Professor der Physik an der Berner Hochschule.

Digitized by Google

Wunsch der Fakultät dazu bestimmen, als Honorarprofessor im Lehrkörper der Universität zu verbleiben. Als solcher hat er denn auch noch zweimal, zuletzt im Sommer 1905, Vorlesungen gehalten.

„Im Jahre 1906", schreibt Herr Prof. Graf, „wurden es so 50 Jahre, dass Sidler an bernischen Schulen mittlerer und höchster Stufe gewirkt hat. Die Fakultät beschloss, auf Antrag Graf vom 13. Mai 1906, ihm eine Adresse zu überreichen; diese Adresse, welche Sidlers Verdienste feierte, wurde ihm am 20. Juli 1906 von einer Deputation, bestehend aus dem Rektor, dem Dekan G. Huber und Graf, überreicht und von Sidler am 23. Juli verdankt. Wir können es uns nicht versagen, einige Stellen aus seinem Antwortschreiben hier anzuführen, da sie seine Persönlichkeit so recht charakterisieren: „Wenn ich auch mit Beschämung fühle, dass meine Leistungen hätten andere sein sollen, so nehme ich doch dieses anerkennende Schreiben mit Genugtuung an als ein Zeichen des persönlichen Wohlwollens, das mir meine geehrten Herren Kollegen, und ich darf es wohl aussprechen, nicht nur die jetzt noch lebenden, sondern auch die vielen schon dahingeschiedenen, jederzeit entgegengebracht haben." Von der Regierung wurde ein Kredit bewilligt und der Verfasser dieser Zeilen beauftragt, ein passendes Ehrengeschenk für Sidler auszusuchen und Sidler im Auftrage der Regierung zu überreichen, was denn auch geschehen ist."

Mit welch rührendem Eifer Sidler seiner Wissenschaft oblag, und wie sehr er bestrebt war, mit ihrer Entwickelung Schritt zu halten und immer weiter fortzuschreiten, das zeigte sich so recht deutlich, als er Herbst 1893 um Urlaub einkam, um als Zweiundsechzigjähriger nochmals für zwei Semester die Universität Berlin besuchen zu können. Und wie wusste er diesen einjährigen Urlaub auszunutzen! Neben den verschiedenen mathematischen Vorlesungen besuchte er namentlich die von Du Bois-Reymond, nicht minder eifrig aber auch die botanischen Vorlesungen seines berühmten Landsmannes Simon Schwendener, wie er denn überhaupt für die Botanik stets ein grosses Interesse besass und über nicht gewöhnliche Kenntnisse in dieser Wissenschaft verfügte. Und neben den Vorlesungen waren es dann besonders die schönen Museen Berlins, die ihn fesselten und an deren Kunstschätzen er sich mit seiner Gattin erfreute. Wie ernst er es in Berlin mit seinen Studien nahm, davon geben allein schon die Kollegienhefte Zeugnis, die er mit nach Hause brachte und die nun mit seinem wissenschaftlichen Nachlass in den Besitz der Stadtbibliothek übergegangen sind. Die Vorlesungen, die Sidler mit Benutzung auch von älteren Kollegienheften sorgfältig ausgearbeitet hat, sind solche von H. A. Schwarz, L. Fuchs, J. Knoblauch und C. Weierstrass.

Digitized by Google

Bei den Vorlesungen von Weierstrass war Sidler natürlich ganz auf ältere Kollegienhefte angewiesen. Denn wenn auch der verehrungswürdige Mathematiker damals noch lebte (er starb bekanntlich erst am 19. Februar 1897), so hatte er doch seit dem Wintersemester 1888/89 keine Vorlesungen mehr gehalten. Ausarbeitungen der Weierstrass'schen Vorlesungen konnte Sidler aber damals auch in der Bibliothek des Mathematischen Vereins der Universität Berlin benutzen, und wirklich war er liebenswürdig und vorurteilslos genug, um diesem bei den Berliner Professoren freilich sehr angesehenen Studentenvereine als reguläres Mitglied beizutreten und an den Zusammenkünften der jungen Leute teilzunehmen. Dafür ernannte ihn dann aber auch der Verein bei seinem Weggange von Berlin zum „Alten Herrn".

Noch sei hier der Beziehungen Sidlers zu seinen berühmten Landsleuten Steiner und Schläfli gedacht. Wie er als junger Doktor bei seinem ersten Aufenthalte in Berlin 1854/55 mit Steiner verkehrt hatte, haben wir schon erfahren. Steiner erwähnt seiner auch in einem am 18. März 1855 an Schläfli gerichteten Briefe [1]). Er sagt dort: „Morgen werde ich meine Vorlesungen schliessen. Es harrten nur drei Zuhörer bis ans Ende aus; davon sind zwei Eidgenossen: der Sohn des alten Sidler (Zug-Zürich, Kommissär in Mailand) und der Sohn meines Universitätsgenossen Prof. Hagenbach [2]) in Basel; sie sind die einzigen bezahlenden, alle übrigen gestundet. Ich stand also in diesem Semester pekuniär nicht viel besser als Sie."

Die folgenden Jahre brachten Steiner und Sidler noch näher zusammen. Herr Prof. Bützberger schreibt darüber: „In Bern verlebte sein alter Freund und Lehrer Jakob Steiner von 1856 bis 1858 einen zweijährigen Urlaub. Auch während der folgenden Sommer verweilte er oft dort und schloss sich innig an seine zwei jungen Freunde Sidler und Kinkelin an. Er hoffte sogar, dass sie ihm noch dazu verhelfen würden, die grossen Ideen, die seinen mächtigen Geist auch jetzt noch in lichten Stunden bewegten, auszuarbeiten. Allein es war zu spät. Im Herbst 1862 brach ein dritter Schlaganfall seine letzte Kraft und warf ihn auf ein Krankenlager, von dem er erst im Frühjahr 1863 durch den Tod erlöst wurde. Während dieser bitteren

---

[1]) Siehe J. H. Graf, Der Briefwechsel zwischen Jakob Steiner und Ludwig Schläfli. Festgabe der Bernischen Naturforschenden Gesellschaft an die Zürcherische Naturforschende Gesellschaft anlässlich der Feier des 150jährigen Bestehens der letzteren, August 1896. Seite 141.

[2]) Karl Rudolf Hagenbach (1801—1874) war seit 1824 Professor der Theologie in Basel. Sein hier erwähnter Sohn ist natürlich derselbe, der bereits Seite 14, Anm. 5, als Studiengenosse Sidlers genannt wurde.

Digitized by Google

Leidenszeit besuchte ihn Sidler fast täglich und auch seine gute Mutter, die Frau Landammann, die seit 1861 als Witwe bei ihm wohnte, nahm sich des totkranken Geometers sehr an, wofür ihr dieser recht dankbar war."

Als in den achtziger Jahren das ganz verwahrloste und in Vergessenheit geratene Grab Steiners auf dem Monbijou-Kirchhofe von Bern durch die Herren Moser und Bützberger wieder aufgefunden wurde, da war es Georg Sidler, der auf seine Kosten einen Grabstein setzen liess mit der Inschrift: Jakob Steiner, Mathematiker und Akademiker in Berlin 1796 bis 1863.[1])

Dass Sidler auch mit Schläfli in den freundschaftlichsten Beziehungen gestanden hat, ist für jeden selbstverständlich, der die beiden gekannt hat. Schläfli hatte sich 1847 an der Berner Hochschule habilitiert; 1853 war er, gleichzeitig mit Rudolf Wolf, zum Extraordinarius befördert worden und in dieser Eigenschaft musste er bekanntlich bis zum Jahre 1872, das ihm endlich das Ordinariat brachte, ausharren. Am Schluss des Sommersemesters 1891 trat er dann von seinem Lehramte zurück. Mehr als drei Jahrzehnte hindurch war es also Sidler beschieden, neben und mit diesem grossen Gelehrten an der Berner Hochschule zu wirken. „Einen strebsameren, gelehrteren und angenehmeren Freund, schreibt Herr Prof. Bützberger, hätte sich Schläfli kaum wünschen können. Während dieser hauptsächlich über analytische Geometrie, Infinitesimalrechnung, Funktionen- und Zahlentheorie las, übernahm Sidler vorzugsweise Vorlesungen aus der theoretischen Astronomie und der synthetischen Geometrie; indessen waren beide so allseitig und gründlich gebildet, dass sie leicht ihre Rollen vertauschen konnten, was auch gelegentlich geschah. Man kann sich wohl denken, mit welchem Interesse der Autodidakt Schläfli sich von Sidler über die berühmten Pariser- und Berliner-Vorlesungen erzählen liess, und welchen Wert die vortrefflich geführten Kollegienhefte Sidlers für ihn hatten. Zu besonderem Danke verpflichtete Sidler seinen älteren Freund dadurch, dass er ihn in die Theorie der Kugelfunktionen einführte, und als dann Schläfli durch seine Erfindungen auf diesem Gebiete die Meisterschaft errang, setzte sich Sidler neidlos und bewundernd zu seinen Füssen".

Im Nachlasse Sidlers haben sich, wie Herr Bützberger mitteilt, Ausarbeitungen von folgenden Vorlesungen Schläflis vorgefunden: Einleitung in die Infinitesimalrechnung, Elemente der analytischen Geometrie, Über Funktionen mit komplexen Variabeln, Theorie der elliptischen Funktionen, Anwendung des Integrationsweges auf bestimmte

[1]) Siehe J. H. Graf, Die Exhumierung Jakob Steiners und die Einweihung des Grabdenkmals Ludwig Schläflis anlässlich des hundertsten Geburtstages Steiners am 18. März 1896. Bern 1897.

Digitized by Google

Integrale, Über ebene Kurven dritter Ordnung, Über Flächen dritter Ordnung.

Das Bild von Sidlers Leben wäre unvollständig, wollten wir nicht auch noch kurz seiner Tätigkeit in den verschiedenen wissenschaftlichen Gesellschaften gedenken, denen er angehört hat. Der Zürcher Naturforschenden Gesellschaft war er schon 1855 beigetreten und in unserer Vierteljahrsschrift hat er auch zwei seiner Abhandlungen veröffentlicht. Die eine, Sur une série algébrique, stammt aus dem Jahre 1856; die andere, Über projektivische Punktsysteme auf derselben Geraden, hat Sidler 1864 von Bern aus dem Redaktor unserer Zeitschrift, seinem ehemaligen Kollegen Rudolf Wolf, eingesandt. Aber auch sonst hat Sidler nie aufgehört, das wissenschaftliche Leben in Zürich mit Interesse zu verfolgen. Dazu boten ihm ja auch die regelmässigen Besuche bei seinen Zürcher Verwandten, seinem Schwager Prof. Schweizer-Sidler und der Familie Steiner-Schweizer, ausreichende Gelegenheit, nicht minder aber auch der Briefwechsel, den er mit seinen Fachkollegen in Zürich, z. B. dem Schreiber dieser Zeilen, unterhielt. Unvergessen soll es auch hier in Zürich bleiben, mit welch ansehnlichem Beitrage Georg Sidler sich vor einigen Jahren an unseren Bestrebungen, eine zürcherische Zentralbibliothek ins Leben zu rufen, beteiligte — und zwar mit einem Schreiben, in dem er sich in geradezu rührender Weise entschuldigte, dass er sich mit einer, wie er meinte, so bescheidenen Zeichnung habe begnügen müssen. [1])

Der Naturforschenden Gesellschaft in Bern gehörte Sidler ein halbes Jahrhundert als eines ihrer bedeutendsten und eifrigsten Mitglieder an, er fehlte fast nie in einer Sitzung. „Durch seine gediegenen Referate, schreibt Herr Bützberger, über merkwürdige Himmelserscheinungen und die neuesten Entdeckungen der Astronomie, sowie durch seine gründlichen und eleganten Vorträge geometrischen Inhalts — so sprach er z. B. Über Partialbrüche und die Simpsonsche Gerade (1873), Über die Formen ebener Kurven dritter Ordnung (1873), Über die Normalen einer Fläche längs der Indikatrix eines Punktes (1874), Über assoziierte Punkte einer Ellipse (1886) — hat er sich um die Hebung des wissenschaftlichen Lebens in der Bundesstadt grosse Verdienste erworben. Auf den vielen Reisen, die er zu seiner Erholung mit seiner Gattin während der Ferien ausführte, war er ein begeisterter und verständnisvoller Naturfreund, und wiederholt hat er die Naturforschende Gesellschaft mit Demonstrationen interessanter Funde erfreut."

[1]) Es war dies März 1904. Dadurch wird eine Bemerkung auf Seite 12 der Grafschen Biographie hinfällig.

Digitized by Google

Und wem von den Mitgliedern der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft könnte je das Bild Georg Sidlers aus dem Gedächtnis entschwinden! Wir leben heute in einer ganz anderen Zeit als noch vor wenigen Jahrzehnten, und wie die Zeiten, so ändern sich auch die Gesichter. Der alte Gelehrtentypus ist verschwunden, die modernen Gelehrten sehen anders aus als die vor fünfzig Jahren. Georg Sidler aber gehörte seiner ganzen äusseren Erscheinung nach noch zu der guten alten Zeit, wo es auch noch Charakterköpfe gab wie Schweizer-Sidler, Mommsen, Weierstrass. Und diese Erscheinung wird noch lange fortleben in unserer Erinnerung. Und wenn wir uns zu unseren Jahresversammlungen an irgend einem traulichen Orte der deutschen oder der welschen Schweiz zusammenfinden, so wird auch das markante Bild des ehrwürdigen Mathematikers wieder vor uns auftauchen mit seiner ganzen liebenswürdigen Originalität. Waren wir doch gewohnt, ihn, der der Gesellschaft seit 1858 angehörte, bis in die letzten Jahre fast regelmässig in unserer Mitte zu sehen. Und immer war es der gleiche freundliche alte Herr, und immer die gleiche schlechterdings nicht zu überbietende Höflichkeit. Aber die Freundlichkeit war echt, und die Höflichkeit nicht angelernt: sie entsprangen — das fühlte man sofort — einer kindlich reinen Seele, an der kein Falsch war. Und denselben reinen Eifer brachte er auch der ihm hohen, hehren Wissenschaft entgegen. In den Sitzungen war er, um ja nichts zu versäumen, gewiss stets der erste, der kam, der letzte der ging. Und dabei wandte er sein Interesse nicht nur den mathematischen, sondern in gleicher Weise auch den naturwissenschaftlichen Vorträgen zu. Mit seinem grossen Kollegen Schläfli teilte er die Vorliebe für die Botanik.

Erwähnen wir noch, dass Sidler auch fast vierzig Jahre lang dem Schweizerischen Alpenklub angehört hat, so wäre damit wohl das Wesentlichste aus dem äussern Verlaufe seines Lebens mitgeteilt.

Wir wenden uns nun zu seinen Publikationen. Sie bewegen sich, wie seine Vorlesungen, auf dem Gebiete der Astronomie, der Physik, der Analysis und der Geometrie.

Über seine auf den Planeten Uranus bezüglichen Untersuchungen, die den Gegenstand seiner Doktordissertation von 1854 bildeten und in neuer Form 1858 in den Astronomischen Nachrichten erschienen, ist an Hand der eigenen Aufzeichnungen Sidlers bereits berichtet worden. Ebenso wurde schon der in Berlin unter Encke ausgeführten Berechnung der Ephemeride des Neptun für das Jahr 1856 gedacht.

Sodann erschien 1859 in den Astronomischen Nachrichten die Abhandlung „Entwicklung der rechtwinkligen Koordinaten eines Planeten nach aufsteigenden Dimensionen der planetarischen Massen,

Digitized by Google

nach L. Raabe". Die Aufgabe, diese Entwicklung herzustellen, läuft auf die Integration von drei simultanen Differentialgleichungen hinaus, die von Sidler allgemein durchgeführt wird. Die zugrunde liegende Abhandlung seines Lehrers Raabe ist im Programm der eidgenössischen polytechnischen Schule für 1858/59 erschienen unter dem Titel: „Über die fortschreitende Bewegung des Schwerpunktes der Planeten unseres Sonnensystems, mit Bezugnahme auf ihre gegenseitigen, dem Gravitationsgesetze gemässen Masseneinwirkungen." Im zweiten Abschnitte dieser umfangreichen Abhandlung behandelt Raabe speziell die „Entwicklung der Koordinaten des Schwerpunktes eines gestörten Planeten in Reihen, die nach aufsteigenden Potenzen der Massen der störenden Planeten fortschreiten".

Im Jahre 1881 hat Sidler in den Astronomischen Nachrichten nochmals eine kleine, in dasselbe Gebiet der Störungstheorie gehörende Notiz erscheinen lassen, in der er einen einfachen Beweis eines von dem Berliner Astronomen Lehmann-Filhès kurz zuvor veröffentlichten Satzes mitteilt. Es seien $E$, $E'$, $E''$ drei benachbarte Orte der Erde und $P$, $P'$, $P''$ die entsprechenden Orte eines Wandelsternes. Hält man nun die mittleren Orte $E'$ und $P'$ fest, während die äusseren $E$, $E''$ und $P$, $P''$ variieren, so trifft, nach Lehmann-Filhès, eine gewisse mit diesen äusseren Orten variierende Gerade den Strahl $E'P'$ in einem unveränderlichen Punkte.

Von weiteren astronomischen Arbeiten sei zunächst genannt das Referat: „Über einige astronomische Erscheinungen des Jahres 1860", das er der Berner Naturforschenden Gesellschaft am 30. November 1860 erstattet hat und das in den „Mitteilungen" dieser Gesellschaft abgedruckt ist. Sidler berichtet darin über die sechs seit September 1858 neu entdeckten Planeten, ferner über die Kometen des Jahres 1860, und besonders ausführlich über die totale Sonnenfinsternis vom 18. Juli 1860. Auch in den folgenden Jahren hat Sidler in der Naturforschenden Gesellschaft wiederholt über neue astronomische Erscheinungen referiert, so 1869 über die totale Sonnenfinsternis vom 18. August 1868, ferner 1870 über die Planeten- und Kometenentdeckungen in den letzten zwei Jahren, über die „Astronomische Gesellschaft" und über den Venusdurchgang am 8. Dezember 1874, usw.

Mit seinem Freunde und Kollegen Heinrich Wild[1]) führte

[1]) Der berühmte Physiker hatte auch, „ermuntert durch die Bereitwilligkeit, mit welcher ihm Herr Dr. Sidler seine tätige Beihülfe zusagte, die astronomischen Beobachtungen auf der Sternwarte, welche seit dem Abgang des Herrn Prof. Wolf beinahe gänzlich unterbrochen worden waren, wieder aufgenommen". S. die Berner „Mitteilungen", 1861, S. 25. Wild sagt dort im Verlauf seines Berichtes: „Die zeitraubende Berechnung der Beobachtungsdaten hat grösstenteils Herr Dr. Sidler in sehr verdankenswerter Weise übernommen; einen kleineren Teil derselben haben wir beide gemeinschaftlich berechnet".

Digitized by Google

Sidler 1859 eine grössere experimentelle Arbeit durch, nämlich die Bestimmung der Elemente der erdmagnetischen Kraft in Bern. Die dabei benutzten Methoden und die Resultate sind in den Berner „Mitteilungen" von 1859 veröffentlicht. Danach ergab sich die mittlere Deklination gleich 16° 43′ 36″,7 westlich und die mittlere Inklination gleich 63° 45′. Die Intensität, speziell ihre Horizontalkomponente, wurde nach der bekannten Methode von Gauss ermittelt und (im Freien) gleich 1,9856 gefunden.

Unter den Abhandlungen, die der Analysis angehören, ist zeitlich die erste die unter dem Titel „Sur une série algébrique" im ersten Bande unserer Vierteljahrsschrift veröffentlichte Arbeit. Sie handelt von der Reihe

$$Z_m = 1 + 2^m z + 3^m z^2 + 4^m z^3 + \cdots \text{ in inf.},$$

wo $m$ als ganze positive Zahl gedacht ist. Zur Konvergenz ist notwendig, dass $z$ absolut kleiner als 1 sei. Aus der Rekursionsformel

$$Z_m = \frac{d(z\,Z_{m-1})}{dz}$$

und aus $Z_0 = \frac{1}{1-z}$ findet man $Z_1, Z_2, Z_3, \ldots$ und allgemein

$$Z_m = \frac{a_{m,0} + a_{m,1} z + a_{m,2} z^2 + \cdots + a_{m,m-1} z^{m-1}}{(1-z)^{m+1}},$$

wo die Koeffizienten $a_{m,0}, a_{m,1}, \cdots$ ganze positive Zahlen sind. Die folgenden Untersuchungen sind nun wesentlich den Beziehungen zwischen diesen Koeffizienten $a_{m,\lambda}$ und den Zählern $A_{m,\lambda}$ der Partialbrüche, in die sich $Z_m$ zerlegen lässt, gewidmet. Zum Schlusse wird gezeigt, wie man aus den zwischen diesen Zahlen bestehenden Relationen Formeln ableiten kann, die die Bernoullischen Zahlen in endlicher Form darstellen.

Im Jahre 1899 wurde im „Intermédiaire" der Beweis für die Formel $n! = n^n - \binom{n}{1}(n-1)^n + \binom{n}{2}(n-2)^n - \cdots$ verlangt, die nur einen speziellen Fall einer von Sidler in der eben besprochenen Arbeit von 1856 bewiesenen Relation bildet. Dies gab Sidler Veranlassung, seine vor 43 Jahren publizierte, aber offenbar zu wenig beachtete Abhandlung in neuer Bearbeitung unter dem Titel „Über eine algebraische Reihe" in den Berner „Mitteilungen" zu wiederholen. Auf Veranlassung von Schläfli fügte er überdies einen Beweis des Clausen-Staudtschen Satzes über die Bernoullischen Zahlen hinzu, der in einfacher Weise aus einer von ihm gegebenen independenten Darstellung dieser Zahlen hervorgeht.

Die bedeutendste unter Sidlers analytischen Arbeiten und zugleich auch die umfangreichste ist seine „Theorie der Kugelfunktionen" vom

Digitized by Google

Jahre 1861. Die Kugelfunktionen waren in den achziger Jahren des 18. Jahrhunderts von Legendre und Laplace eingeführt worden, und später hatten dann Poisson, Gauss, Jacobi, Dirichlet u. a. die Theorie weiter ausgebaut. Eine systematische Darstellung hatte aber bisher gefehlt. Um so verdienstvoller war daher Sidlers Arbeit, die sich insbesondere noch durch ihre sorgfältigen und vollständigen Literaturangaben auszeichnet[1]). Die Bedeutung der Sidlerschen Monographie wird allein schon durch den Umstand gekennzeichnet, dass Schläfli ihr eine besondere Abhandlung gewidmet hat, in der er die Sidlersche Darstellung noch in einigen Punkten ergänzt und vervollständigt. Seine im 8. Bande unserer Vierteljahrsschrift erschienenen „Bemerkungen zu Herrn Dr. Sidlers Theorie der Kugelfunktionen" beginnen mit den Worten: „In dieser wissenschaftlichen Arbeit, die als Zugabe zum Programm der Berner Kantonsschule vom Jahr 1861 erschien, hat der Verfasser seinen Gegenstand auf geschichtlichem Wege verfolgt, indem er die Kugelfunktionen und ihre Eigenschaften zuerst aus der Entwicklung der umgekehrten Distanz entstehen lässt und dann dieselben von ihrer allgemeinen Definition aus behandelt. Ich habe aus dieser Schrift vieles gelernt, das mir unbekannt war. Der Leser findet darin alles vereinigt, was er sonst in zerstreuten Abhandlungen suchen musste; sie ist auch so geschrieben, dass sie von ihm keine speziellen Kenntnisse in der Infinitesimalrechnung, wie z. B. diejenige der Eigenschaften der Gammafunktion, erfordert, so dass jeder Jüngling, der seine mathematische Bildung an unsern schweizerischen Lehranstalten gewonnen hat, sie mit Vergnügen und Erfolg lesen wird".

In seinen geometrischen Untersuchungen wandte sich Sidler mit Vorliebe den alten historischen Problemen zu. So hat er z. B. zwei Abhandlungen der schon bei den griechischen Geometern beliebten Dreiteilung eines Kreisbogens gewidmet. Beide knüpfen an die Lösung des Problems an, die Hippauf 1872 mittels der Kreiskonchoide gegeben hatte. An die Mitteilung dieser Lösung schliessen sich dann in der ersten Abhandlung (1873) neue Erzeugungsarten der Kreiskonchoide an, ferner Untersuchungen über ihre Normalen, über die doppelt berührenden Kreise, sodann namentlich über die Krümmung und die Evolute und zuletzt über Flächeninhalt und Bogenlänge der Kreiskonchoide. Aus der zweiten Abhandlung (1876) sind besonders hervorzuheben die durch stereographische Projektion gewonnenen Beziehungen der Konchoide zur Hyperbel. Daraus ergeben sich dann weitere

[1]) Ein Zufall wollte es, dass noch im selben Jahre 1861 Heines Handbuch der Kugelfunktionen erschien. Doch behauptete Sidlers Arbeit auch noch neben dieser umfangreicheren Darstellung ihren Platz.

Digitized by Google

Lösungen der Trisektion, z. B. auch die von Chasles mittels der Hyperbel vorgeschlagene Konstruktion.

„Über projektivische Punktsysteme auf derselben Geraden" betitelt sich Sidlers geometrische Erstlingsarbeit, die er 1864 in unserer Vierteljahrsschrift veröffentlicht hat. Die Untersuchung gipfelt im wesentlichen in folgendem Satze: „Wenn zwei projektivische Punktsysteme auf einer Geraden so beschaffen sind, dass — wenn man zu irgend einem Punkte $a$ des einen Systems den korrespondierenden im andern, zu diesem, als ein Punkt im ersten System betrachtet, wieder den korrespondierenden Punkt nimmt usw. —, dass man so nach $n$ Gängen wieder zum Ausgangspunkte $a$ zurückkommt: so lassen sich die beiden Punktsysteme durch zwei Gerade erzeugen, die sich um einen festen Punkt $P$ drehen und einen konstanten Winkel mit einander bilden, der ein Vielfaches von $\frac{\pi}{n}$ ist."

Im folgenden Jahre erschien im Programm der Berner Kantonsschule für 1865 Sidlers schöne Abhandlung „Über die Wurflinie im leeren Raume". Nach einer ausführlichen Besprechung der Eigenschaften des Systems der Wurflinien, die bei gegebenem Ausgangspunkt $A$ und gegebener Anfangsgeschwindigkeit den verschiedenen Wurfrichtungen entsprechen, untersucht Sidler insbesondere den Ort der Punkte, die durch zwei Würfe getroffen werden, deren Anfangsrichtungen (Endrichtungen) einen gegebenen Winkel $\alpha$ ($\varepsilon$) miteinander bilden, und sodann den Ort der Punkte, für die die Summe $\alpha + \varepsilon$ oder die Differenz $\alpha - \varepsilon$ konstant ist.

Ein altes historisches Problem war es wieder, das Sidler in einer seiner letzten Abhandlungen beschäftigte. Vincenzo Viviani (1622 bis 1703), der letzte Schüler Galileis, wie er sich selbst gerne nannte, hatte 1692 in einem Flugblatte von Florenz aus die Aufgabe gestellt, aus einer Halbkugel rings an der Grundfläche herum vier gleiche Öffnungen herauszubrechen, derart, dass das übrig bleibende Stück der Halbkugel quadrierbar sei. Diese sogenannte Florentiner Aufgabe, nämlich die Quadratur der „Schale Vivianis", war wenige Wochen nach ihrer Publikation von Leibniz gelöst worden. Die Lösung war das erste Beispiel der Anwendung des neuen Infinitesimalkalküls auf die Quadratur krummer Oberflächen gewesen. In der Abhandlung „Die Schale Vivianis" zeigt nun Sidler, wie sich die Aufgabe auch ganz elementar behandeln lässt. Daran schliessen sich Sätze über die Vivianische Kurve. Aus ihrer gewöhnlichen Erzeugungsweise folgt, dass ein Büschel von Rotationsflächen zweiten Grades durch sie hindurchgeht. Dieses Büschel wird zur Einführung der Brennpunkte der Vivianischen Kurve und zum Beweis des darauf bezüglichen Satzes

Digitized by Google

von d'Arrest benutzt. Endlich wird gezeigt, wie die Kurve durch stereographische Projektion in eine gleichseitige Hyperbel und eine Lemniskate übergeführt werden kann.

Die hier gegebenen Besprechungen mögen genügen, um einen Überblick über Sidlers Lebensarbeit zu gewähren. Sidler hat das grosse Glück gehabt, bis in sein hohes Alter sich seiner Wissenschaft widmen und ihrer Gaben sich erfreuen zu können. Von Haus aus eher zart als kräftig, hatte er es durch seine schlichte und geordnete Lebensweise doch verstanden, stets gesund und leistungsfähig zu bleiben. Erst im Juni letzten Jahres begann seine Gesundheit zu wanken. Von der Ohnmacht, die ihn damals befiel, konnte er sich zwar wieder etwas erholen und man hoffte schon auf Genesung. Aber die Hoffnung erwies sich bald als trügerisch. Am 9. November erlag er einem Herzschlage.

Wer Georg Sidler gekannt hat, wird — auch wenn er nichts wüsste von all den hochherzigen Vermächtnissen zu gunsten wissenschaftlicher und gemeinnütziger Anstalten, ganz besonders auch zu gunsten der christkatholischen Kirche in Bern, deren langjähriger Präsident er gewesen war — einstimmen in die Worte, mit denen Herr a. Bundesrichter Weber seinen Nekrolog geschlossen hat: „Was ihn allen, die ihn kannten, lieb und verehrungswürdig gemacht hat, das lag in seiner ganzen Persönlichkeit begründet: Professor Georg Sidler war ein edler Mensch. Ihm, wenn je einem, darf der Abschiedsgruss gelten: „Have anima pia, candida!"

Wenn es wahr ist, dass jeder Mensch gerade ebensoweit glücklich gewesen ist, als er gut gewesen ist, so darf Georg Sidler als der Glücklichsten einer gepriesen werden.

---

## Verzeichnis der Publikationen von Georg Sidler

### in chronologischer Folge.

1. Sur les inégalités du moyen mouvement d'Uranus dues à l'action perturbatrice de Neptune. Dissertation présentée à la faculté de philosophie de l'Université de Zurich. Zurich 1854. [26 S.]
2. Ephemeriden des Neptun für 1856. Berliner astronom. Jahrb. f. 1856, S. 132—137.
3. Sur une série algébrique. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Gesellsch. in Zürich, Bd 1, 1856, S. 180—190.
4. Über die Acceleration des Uranus durch Neptun. Astronom. Nachrichten 1858, No. 1149, Sp. 321—326.
5. Entwicklung der rechtwinkligen Koordinaten eines Planeten nach aufsteigenden Dimensionen der planetarischen Massen, nach L. Raabe. Astronom. Nachrichten, 1859, No. 1219—1220, Sp. 289—310.

Digitized by Google

6. Bestimmung der Elemente der erdmagnetischen Kraft in Bern. (Mit Heinrich Wild) Mitteil. d. Naturf. Gesellsch. in Bern, 1859, S. 49—76.
7. Über einige astronomische Erscheinungen des Jahres 1860. Mitteil. d. Naturf. Gesellsch. in Bern, 1860, S. 140—152.
8. Die Theorie der Kugelfunktionen. Programm d. Berner Kantonsschule für 1861. [71 S.]
9. Über projektivische Punktsysteme auf derselben Geraden. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Gesellsch. in Zürich, Bd. 9, 1864, S. 217—223.
10. Über die Wurflinie im leeren Raume. Programm d. Berner Kantonsschule für 1865. [52 S.]
11. Bericht über die Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis vom 18. August 1868. Mitteil. d. Naturf. Gesellsch. in Bern, 1869, S. VI—IX. [Auszug aus einem Vortrage.]
12. Astronomisches Referat. Mitteil. d. Naturf. Ges. in Bern, 1870, S. XLII—XLIV. [Auszug aus einem Vortrage.]
13. Über die Protuberanzen der Sonne. Mitteil. d. Naturf. Gesellsch. in Bern, 1871, S. XI—XIII. [Auszug aus einem Vortrage.]
14. Über das Reversionsspektroskop. Mitteil. d. Naturf. Gesellsch. in Bern, 1871, S. XIII—XV. [Auszug aus einem Vortrage.]
15. Trisektion eines Kreisbogens und die Kreiskonchoide. Mitteil. d. Naturf. Gesellsch. in Bern, 1873, S. 31—63. Mit 4 Tafeln.
16. Über Normale an Flächen. Mitteil. d. Naturf. Gesellsch. in Bern, 1874, S. 41—42. [Auszug aus einem Vortrage.]
17. Zur Dreiteilung eines Kreisbogens. Programm d. Berner Kantonsschule für 1876. [12 S. m. 3 Tafeln.]
18. [Über einen Satz des Herrn Lehmann-Filhès] Schreiben des Herrn Prof. G. Sidler an den Herausgeber. Astronom. Nachrichten, 1881, No. 2361, Sp. 139—142.
19. Über assozierte Punkte in Ellipsen. Mitteil. d. Naturf. Gesellsch. in Bern, 1886, S. XV. [Auszug aus einem Vortrage.]
20. Zur kubischen Gleichung. Mitteil. d. Naturf. Gesellsch. in Bern., 1898, S. 57—58.
21. Über eine algebraische Reihe. Mitteil. d. Naturf. Gesellsch. in Bern, 1899, S. 13—32.
22. Die Schale Vivianis. Mitteil. d. Naturf. Gesellsch. in Bern, 1901, S. 1—8.
23. Zur Theorie des Kreises. Mitteil. d. Naturf. Gesellsch. in Bern, 1902, S. 227—235.
24. Zu den logarithmischen Reihen. Mitteil. d. Naturf. Gesellsch. in Bern, 1904, S. 144—151.

Digitized by Google

# Geologische Nachlese.

Von

ALBERT HEIM.

## Nr. 19.

## Nochmals über Tunnelbau und Gebirgsdruck und über die Gesteinsumformung bei der Gebirgsbildung.

Bei Gelegenheit seiner publizierten Expertise „über die Standfestigkeit der Gesteine im Simplontunnel", Gutachten, abgegeben an die Generaldirektion der Schweizerischen Bundesbahnen, Bern, bei Büchler & Co. 1907. tritt Prof. Dr. C. Schmidt (Basel) ziemlich eingehend auf eine Kritik meiner Arbeit „Tunnelbau und Gebirgsdruck" (Nachlese Nr. 14, Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. in Zürich 1905) und sodann allgemein auf die Frage der Plastizität der Gesteine durch Druck und meine Auffassung über dieselbe ein. Bei dieser Gelegenheit stellt er eine Menge von sehr wertvollen Beobachtungen von andern wie von sich selbst zusammen, die meine Darlegungen, mehr als ich es schon nach so kurzer Zeit erwarten konnte, bestätigen. Allein Schmidt sieht überall Widersprüche gegen meine Ansicht und sucht eine andere Deutung, ohne eine solche zu finden. Ich gebe zu, dass gewisse Erscheinungen verschieden interpretiert werden können und ich anerkenne vollauf die Berechtigung seines kritischen Versuches, sowohl als auch die Loyalität desselben. Freund Schmidt wird mir aber auch gestatten, die von ihm mir entgegengestellten Aussprüche zu prüfen und meine Anschauung zu verteidigen. Dies ist der Zweck der hier vorliegenden Nachlese Nr. 19. Vielleicht wäre ich ohne die Kritik von Schmidt nie mehr auf eine Verteidigung meiner Auffassung eingetreten, ich bin dafür dankbar, dass ich hierzu nun doch veranlasst worden bin.

### 1. Betreffend die „Bergschläge".

Der Abschnitt von Schmidt „Bergschläge in Tunnel und Bergwerken" bringt uns zunächst eine sehr willkommene Zusammenstellung einer Menge sonst zerstreuter Beobachtungen über die „Bergschläge" oder das „knallende Gebirge" oder wie wir es bisher ge-



Digitized by Google

nannt hatten, das „Abbrennen". Es gehen daraus, in Übereinstimmung mit noch andern von Schmidt nicht erwähnten Fällen, wie zu erwarten war, folgende Tatsachen hervor:

Das plötzliche Abtrennen und Abwerfen von Gesteinsschalen von den Tunnelwänden unter Knall und Erschütterung kann bei ganz verschiedenen Gesteinsarten vorkommen. Es ist beobachtet bei Granit, Aplit, Porphyr, Granitgneiss, Gneiss, Diabas, Sandstein, Quarzit, Kalkstein, Dolomit, Kohlen etc., aber immer unter der Bedingung, dass diese Gesteine vorher möglichst homogen, kompakt, fest und nicht klüftig waren. Die Schalen trennen sich parallel den Stollenwandungen ab, oft nicht schon kurze Zeit nach Sprengungen, sondern oft erst nach Wochen und Monaten, oft im Laufe der Zeit zunehmend, und besonders zunehmend mit der Grösse des künstlichen Hohlraumes. Sie erscheinen am häufigsten und meistens zuerst an den Seitenwänden, dann aber auch an der Decke und in der Sohle (Wocheinertunnel. Tunnel der Cincinati Southern Railroad, Wattinger, Pfaffensprungtunnel, Przibramer Bergwerke). In der Sohle unter Beschotterung und Schienen können sie sich nicht so auffällig äussern. Allein eine ganze Anzahl von Fällen sind konstatiert, wo Hand in Hand mit den Bergschlägen die Sohlenlockerung tief hinabreicht, so dass die Stollenwasser darin versiegen. Ferner wird stets dann, wenn unter sonst gleichen Gesteinsverhältnissen (Beschaffenheit und Lagerung des Gesteins) in verschiedenen Tiefen unter der Oberfläche abgebaut wird, festgestellt, dass die knallenden Abtrennungen des Gesteines erst in einer gewissen Tiefe beginnen und dann mit der Tiefe, d. h. mit der Überlastung stark zunehmen.

In letzterer Hinsicht konstatiert Schmidt (S. 51) selbst, dass im Antigoriogneiss des Simplontunnel sich die Bergschläge auf einer $2^1/_2$ km langen Tunnelstrecke eingestellt haben, „und zwar in immer grösserer Intensität mit der zunehmenden Ueberlastung .... unter dem Passo Poselte, 1500 m unter der Oberfläche erreichen sie ihr Maximum"; ferner, dass steil stehender Gneiss mit 700 m Überlastung noch keine, aber entsprechendes Gestein bei 1200 m Überlastung sehr kräftige „Bergschläge" ergibt.

Aus den von Schmidt zusammengestellten Fällen ist ferner ersichtlich, dass bei kompaktem festem Gestein und genügender Überlastung die „Bergschläge" eintreten, wie immer das Gestein gelagert sei. Sie sind von verschiedenen Orten aus flacher Schichtung bekannt, z. B. im Antigoriogneiss des Simplontunnels, an anderen treten sie ganz ebenso bei schiefer bis senkrechter Schieferung, Plattung oder Schichtung auf, wie z. B. im Protogin der Schöllenen im Gotthardtunnel, im Gneissgranit des Wattingertunnels, des Leggistein-

Digitized by Google

tunnels und des Pfaffensprungtunnels bei Wasen, im Gneiss bei Km. 6 ab NP Simplontunnel etc.

Von besonderer Bedeutung ist die vielfach und auch von mir persönlich konstatierte Tatsache, dass, wenn man versucht, eine durch „Bergschlag" abgesprungene Gesteinsschale wieder an ihren Ort zurückzuversetzen, sich dies als unmöglich erweist, indem die Platte in ihrer Flächenentwicklung gewachsen ist und auch in ihrer Krümmung sich oft etwas verändert hat. Das Gestein war eben zusammengepresst und hat sich, nun aus dem Verbande befreit, wieder erholt. Gleichzeitig lernen wir hieraus, dass die Flächen der maximalen Kompression, das sind die Flächen, in welche die Maximaldrucklinien fallen, lokal so verlaufen, wie die Flächen der Trennungsschalen, wie ich es längst dargelegt habe. Endlich wird auch konstatiert, dass die Ablösungen parallel den Stollenwänden unabhängig von der Richtung der Flaserung oder Schieferung gehen. In der Tat habe ich selbst aus dem Simplontunnel und aus dem Gotthardtunnel dünne Knallplatten gebracht, die senkrecht und solche, die unter verschiedenen Winkeln schief zur Glimmerlage gehen.

Aus alledem, was nun über die „Bergschläge" zusammengestellt vorliegt, geht die vollständige Analogie dieser Abtrennungen in Stollenwänden und an Bergwerkspfeilern mit denjenigen hervor, die man am Rande eines zu zerquetschenden Gesteinswürfels in der Festigkeitsmaschine erhalten kann.

Die Erscheinungen der Bergschläge waren für mich stets eine selbstverständliche Folge der Verteilung des Gebirgsdruckes, und Schmidts Zusammenstellung der Beobachtungen darüber bestätigt alles Erwartete vollauf: Es ist selbstverständlich, dass in nicht allzugrossen Tiefen die Abschälungen zuerst vorherrschend an den Seitenwänden stattfinden, und erst im Laufe längerer Zeit sich auch an Decke und Sohle einstellen. Es ist selbstverständlich, dass sie in grösserer Tiefe, bald auch an Decke und Sohle, kurz, ringsum an den entblössten Flächen auftreten. Es ist selbstverständlich, dass sie mehr oder weniger genau der Stollenwandfläche parallel sich trennen, denn das ist ja die Fläche, auf welcher der Gegendruck jetzt plötzlich weggenommen ist; nach dem Hohlraum hin entsteht Zug, senkrecht auf dem Zug liegt der maximale Druck, und alle Zerquetschungsklüfte laufen mit den Maximaldruckflächen, die neuen Bruchrisse zeichnen das System der Maximaldrucklinien, die hier den Gewölbedrucklinien sich annähern. Da ein schärfer gekrümmtes Gewölbe stärkeren Widerstand gegen Zerdrücken leistet, als eines mit grösserem Krümmungsradius, und da die Abschalungen nach der Ausbildung natürlicher allseitig geschlossener Gewölbeflächen tendieren, so ist es

Digitized by Google

auch selbstverständlich, dass sie mit der Weite der Aushöhlung zunehmen.

Endlich ist die nun wiederum allseitig konstatierte Tatsache höchst selbstverständlich, dass das ganze Phänomen des Abspringens in klüftigem oder weichem Gestein nicht auftreten kann, weil sich da alle Druckausgleichungen viel eher in Bewegungen auf den schon vorhandenen unfesten Flächen auslösen, sei es, dass früher geschlossene Risse sich öffnen, sei es, dass auf denselben sich Gleitbewegungen einstellen. Da fällt eben das Gestein nach den vorhandenen oder vorgezeichneten Trennungen auseinander, im allgemeinen ohne neu brechen zu müssen. Die Richtungen des maximalen Druckes oder Zuges in den im Gleichgewicht gestörten Gesteinsmassen zerlegen sich in Komponenten auf die sie kreuzenden schon vorhandenen Ablösungen, und Sprengungen, welche sich explosiv auslösen müssten, können deshalb nicht entstehen.

Im letzteren Falle wird die Bewegung des Gebirges nach dem geschaffenen Stollen hin gewöhnlich rascher bemerkbar, das Gebirge wird „druckhaft" noch vor der Tunneleinwölbung. Ist das Gestein so fest, dass es nicht ohne „Bergschlag", d. h. neues Zerreissen, weichen kann, so kommt die Erscheinung nicht sofort in der Form der „Druckhaftigkeit" zur Geltung. Allein die Sache ist doch die gleiche und wird im Laufe der Zeit immer ähnlicher. Die Differenz beruht nicht in der Art und Verteilung des Gebirgsdruckes und nicht in der Ursache, auch nicht in der Tendenz des Gebirges, den Stollen wieder zu schliessen, sondern einzig und allein in der Art, wie das Gestein je nach seiner physikalischen Beschaffenheit auf die Befehle des Gebirgsdruckes gehorcht — im einen Fall schneller und schiebend, oder gleitend, in den Tunnel hinein auseinanderfallend, im andern Fall langsamer und in Platten brechend und sich abschälend. Aber schliesslich im Endresultat gleich: der Stollen, sich selbst überlassen, füllt sich mit Trümmern, schliesst sich, die Lockerung verteilt sich ringsum im Gebirge.

Schmidt legt nun ein Hauptgewicht auf diese Differenz im Verhalten der Gesteine und sucht für beide Fälle verschiedene Ursachen. Mir scheint die Differenz die unwesentliche Folge verschiedener Gebirgscohäsion zu sein, auf der gleichen Ursache zu beruhen und zum gleichen Ende zu führen. Mittelformen sind häufig.

In Beziehung auf mangelnde Standfestigkeit der Gesteine im Simplontunnel unterscheidet Schmidt (S. 49) 4 Fälle. Die beiden ersten, „Glockenbildung" in einfach brüchigem Gebirge auch bei geringer Überlagerung, und Aufquellen anhydritführender Gesteine beschäftigen uns hier nicht weiter. Dagegen die Fälle Nr. 3 und 4.

Digitized by Google

Als Nr. 3 wird bezeichnet das Gebirge, das „Bergschläge" liefert. Es hält dasselbe auf 5,5 km Länge im Simplonstollen II an! Als Nr. 4: „Einbrechen, resp. Zusammengehen von First und Ulmen verbunden mit Sohlenauftrieb auf 4,5 km Gesamtlänge. (Treibendes Gebirge. P.)." Das sind die beiden Typen des im ganzen auf 10 km, das ist die Hälfte der Tunnellänge, beginnenden Stollenschlusses, je nach dem das Gestein entweder ganz und kompakt oder brüchig, unganz oder unfest, mehr oder weniger plastisch ist.

Schmidt leitet seine Besprechungen mit der Bemerkung ein, dass trotz der Einheitlichkeit der Erscheinung die „Bergschläge" „noch nicht völlig aufgeklärt" seien. Mir schiene es unbegreiflich, wenn sie nicht genau so eintreten würden. Sie sind einfach die Folge der allseitig fortgepflanzten, die Gesteinsfestigkeit überwindenden Überlastung, die sich nun im Abschälen annähernd parallel den Stollenwänden, d. h. nach der Richtung des plötzlichen Aufhebens des Gegendruckes hin, geltend macht. Seite 50 unter der Hälfte gibt Schmidt selbst klar und richtig die Erklärung ganz in Übereinstimmung mit meinen Darstellungen und ohne Rückhalt wieder. Dann aber folgt gleich darauf die Behauptung, dass die „primäre Konsistenz und die Art der Lagerung der Gesteine in weit höherem Masse als die Grösse der Gebirgsüberlastung bestimmend seien für das mechanische Verhalten der Stollenwände in grossen Erdtiefen". Gewiss gilt dies für das momentane Verhalten der Gesteine, allein schliesslich, die Dinge einmal erkannt, ist es für das Endresultat und für das Verfahren beim Tunnelausbau nebensächlich, ob das Gestein brechend oder schiebend nachgibt. Man kann doch nicht mit Schmidt eine untergeordnete Form der Erscheinung höher stellen als die einheitliche Ursache und das einheitliche Resultat, das schliesslich alles besiegt. Die Haupt-Tatsache, dass auch die „Gebirgsschläge" wie die „Druckhaftigkeit" mit der Überlagerung zunehmen, konstatiert Schmidt immer aufs neue wieder (Seite 46, 51, 56 unten etc.). Allein dieses sein eigenes Resultat, kaum gewonnen, bestreitet er an anderer Stelle sofort wieder (S. 54 unten). Dies Spiel wiederholt sich noch öfter. Er widerspricht häufiger sich selbst, als mir.

Hie und da hörte man besonders von Unternehmern die Behauptung, die Steinschläge wären durch die Dynamitsprengungen veranlasst. Allein alle Gesteinszerteilungen, welche durch Explosionsdruck entstehen, müssen von der Ladung aus radial ins Gestein gehen und pyramidale Trennungsstücke geben. Man sieht diese Radialzertrennung rings um die abgeschossenen Bohrlöcher sehr gut. Niemals kann eine Teilung in dünne Platten parallel den Stollenwänden aus den Dynamitschüssen hervorgehen, das ist gerade das

Digitized by Google

Umgekehrte. Auch wenn Pulver oder ein anderes Sprengmittel angewendet wird, entstehen Steinschläge. Auch Schmidt ist der Ansicht, dass die Gebirgsschläge nicht direkte Folge der Dynamitsprengungen seien.

Um nun meiner Theorie des allgemeinen und mit der Tiefe mehr und mehr hydrostatisch sich verteilenden Druckes durch die Überlagerung ausweichen zu können, wirft Schmidt die interessante Frage auf, ob vielleicht noch Reste von Gebirgsspannungen aus der Zeit der Gebirgsfaltung als Ursache der Steinschläge vorhanden sein könnten. Er beantwortet die Frage aber nicht. Ich glaube sie muss mit nein beantwortet werden. Solche Gebirgsspannungen müssten sich in ganz anderer Art äussern, vor allem hätten diese keinen Grund, ihre allfälligen Abschälungen parallel den Stollenwandungen zu legen, dagegen könnte dadurch etwa ein Abscheeren in irgend einer Richtung entstehen. Etwas derartiges hat sich im Simplontunnel nicht eingestellt. Sodann kann ich mir nicht denken, dass aus der Zeit des Zusammenschubes zum Gebirge noch Spannungen geblieben wären, weil seither tausende von Metern der Überlastung abgetragen worden, hunderttausende von Jahren verstrichen sind, und auch, weil das vom Tunnel durchfahrene Gebirge beiderseits oder in weiterem Umfang ringsum durch Täler umschnitten und dadurch vom Horizontaldruck benachbarter Gebirgsmassen isoliert ist. Die Gebirgsbildungskräfte sind in diesen oberen Teilen des Gebirges über dem Thalniveau längst ausgeglichen — so wenigstens muss ich es für wahrscheinlich halten.

S. 58 oben sagt Schmidt in Beziehung auf die Gebirgsschläge: „eine Bewegung der dahinter befindlichen Massen wird ausdrücklich in Abrede gestellt". Durch wen? Durch Schmidt? Aber wer hat gemessen? Niemand! Es wäre schwierig zu messen. Ich bin aber überzeugt, dass wenn man die Distanz von zwei einander gegenüberliegenden Punkten der Tunnelwände, z. B. im Antigoriogneisse, vor dem Abgehen der Bergschläge auf einen Bruchteil eines Millimeters genau gemessen hätte und dann nach dem Bergschlag nachmessen würde unter Abzug der Dicke der abgesprungenen Platte, dass man ein Zusammengehen der Tunnelwände konstatieren könnte. Hinter den Bergschlägen rückt langsam das Gebirge nach, vielleicht 1 Centimeter in der Woche, beim Anklopfen tönt es hohl, und es stösst neue Platten ab. In einigen Tunnels ohne Sohlengewölbe sind die Widerlager nicht nur millimeterweise, sondern um mehrere Centimeter zusammengegangen und hat sich der Boden um mehr als ein Dezimeter gehoben. Dass die Bewegungen zum Stollenschluss in der Rückwand des schlagenden Gebirges langsamer als in derjenigen des

Digitized by Google

brüchig-treibenden sind, versteht sich von selbst, weil hier die Gesteinsfestigkeit, dort nur die Gebirgsfestigkeit von den Bewegungen zu überwinden ist. Aber das „schlagende" Gebirge wird nach längerer Zeit doch so gut „druckhaft", wie das „treibende"!

S. 58 oben bei Schmidt lesen wir: „Schlagen einerseits, Drücken andererseits des Gesteines am Hohlraum schliessen sich aus; niemals wird in schlagendem Gestein kontinuierlicher Sohlenauftrieb beobachtet, auch das hangende bleibt durchweg unversehrt."

Dieser Satz spricht nach meiner Erfahrung zwar eine ungefähr richtige Regel aus, wenn wir ihn auf grössere Häufigkeit und auf den Beginn der verschiedenen Erscheinungen beziehen. In dieser Form ausgesprochen ist er aber entschieden unrichtig. Tatsächlich kommen Bergschläge an der Decke wie in der Sohle vor. Schmidt erwähnt selbst nach Lusser die Sohlenschläge im Wocheinertunnel. Ich habe sie im Antigoriogneiss des Simplontunnels auch an der Decke und im Gotthardtunnel im Fundament des Widerlagers gesehen. Im Pfaffensprungtunnel erschienen die Abbrennungen im äusseren oberen Winkel zwischen Wand und Decke und diagonal gegenüber in der Sohle schon während dem Bau. Das zerquetschte Gestein rieselte oben heraus. Im Leggisteinkehrtunnel stellten sich Steinschläge in dünnen Schalen an der Decke mehrere Jahre nach der Betriebseröffnung ein; oft dauerte es ein bis zwei Monate, bis die gleiche Stelle wieder knallende Ablösung ergab. Im Wattingertunnel kamen heftige knallende Steinschläge in der Sohle aufspringend vor. Im Tauerntunnel an Wand, Decke und Sohle. Schmidt selbst bildet den Steinschlägen ganz entsprechende Abtrennungen von vielen Stellen aus dem Simplontunnel in der Decke ab (seine Figuren 3, 4, 5, 6, 8, 9, 12 im Winkel gegen die Decke, 13, 14). Diese Abtrennungen sind zum grossen Teil nur deshalb, solange der Stollen mit Arbeitern befahren war, nicht mit Knall abgesprungen und deshalb auch nicht als Steinschläge notiert worden, weil beständiges künstliches „Abputzen" der Decke den Gebirgsschlägen zuvorgekommen ist, und in der Sohle sind weniger heftige „Bergschläge" unter dem aufliegenden Steinschutt nicht bemerkbar geworden. Dazu kommt, dass überall die Steinschläge an den Stollenwänden und in Bergwerken an den Pfeilern früher auftreten, als an Decke und Sohle, weil an den senkrechten Wänden die lokale Überpressung viel schneller sich geltend macht, als an Decke oder Sohle, wohin der Druck sich erst übertragen und umsetzen muss. Wir stehen hier wiederum vor dem naheliegenden Fehler, dass die am schnellsten auftretende Erscheinung notiert, das mehr und mehr Nachfolgende übersehen wird. Sodann haben wir es im Antigoriogneiss des Simplontunnels meist mit flacher Schicht-

Digitized by Google

lage zu tun. Das Stollenprofil ist oben nicht rund, sondern es ist scharf viereckig. Während an den quer gebrochenen gepressten Wänden die Bergschläge weitergehen, kann die Decke als Schichtfläche erst etwas einbiegen, bevor der Druck sich dort horizontal geltend macht. Da bedingt die Schichtlage das vorläufige Ausbleiben von Steinschlägen an Decke und Sohle, wo dafür eher Einbiegungsrisse auftreten. Aber gerade der Umstand, dass die Steinschläge besonders am Anfang an den Wänden vertikale Platten und Schalen ablösen und da viel häufiger sind, als an Decke und Sohle, zeigt, dass sie einfach die Folge der Vertikallast sind, die sich nun endlich in seitlichen Abtrennungen geltend machen kann, weil der Gegenhalt weggenommen ist. Die ersten Abtrennungsebenen müssen Flächen der raschen Ausbreitung des maximalen Druckes sein und diese stehen eben den Wänden parallel. Wie kann man da noch nach anderen Ursachen suchen? Die Meinung, dass „Schlagen" und „Drücken" sich ausschliessen sollen, beruht auf dem Mangel an messender Beobachtung und an Dauer der Beobachtung. Wir dürfen nur sagen: Im schlagenden Gebirge haben wir es meistens mit so hoher Gesteins- und Gebirgsfestigkeit zu tun, dass die Druckhaftigkeit nur sehr langsam zur Geltung kommt, so dass man mit dem vollendeten nun widerstehenden Einbau fertig ist, bevor das Zusammengehen des Stollens ohne Messungen bemerkbar wird.

### 2. Weitere Erscheinungen des Gebirgsdruckes im Tunnel.

Schmidt nimmt den von mir zur Unterscheidung von der Gesteinsfestigkeit (geprüft in der Festigkeitsmaschine) aufgestellten Begriff der Gebirgsfestigkeit an und bestimmt, nach meinem Dafürhalten nicht einwandfrei, aus der Überlagerungshöhe, bei welcher der Antigoriogneiss Bergschläge ergibt, dass dessen Gebirgsfestigkeit, ganz meiner früheren Schätzung entsprechend, kein Viertteil der Gesteinsfestigkeit sei. Im gleichen Satze aber meint Schmidt, „die rückwirkende Festigkeit der Gebirgsmasse ist durchaus nicht immer geringer, als die rückwirkende Festigkeit des Gesteines". Er hält sie für unter Umständen grösser. Das ist unmöglich! Das Ganze kann nicht fester sein als seine Teile. Die Gebirgsfestigkeit kann nur kleiner sein als die Gesteinsfestigkeit, denn sie wird von letzterer nur durch die Klüftung und Unganzheit der grossen Gesteinsmassen verschieden. Schmidt will seine Aussage durch eine Beobachtung beweisen: „Bei den steilstehenden Kalkphylliten im Simplon unter Rosswald, bei 1000 m Überlastung ist die Gebirgsfestigkeit entschieden grösser als man es nach der Beschaffenheit des Gesteins

Digitized by Google

an der Oberfläche erwarten würde." „Im Weissensteintunnel haben sich bei 500 m Gebirgsüberlastung die Schiefertone der Opalinusschichten in prachtvollster Weise standfest erwiesen. Bei 500 m Überlastung und 2,5 spezifischem Gewicht der Mergel erhalten wir für die Gebirgsfestigkeit mindestens 125 kg, während die Gesteinsfestigkeit nicht 20 kg beträgt. Ähnliches Verhalten begegnen wir im Rickentunnel".

Diese Argumentation ist falsch, weil dabei das Verhalten des Gesteines vom Momente des Ausbruches bis zum Einsetzen des Gewölbes — länger als diese paar Wochen, höchstens Monate, konnte er es nicht beobachten — für endgültig massgebend gehalten wird. Ich habe dagegen stets auf die enorme Bedeutung der Zeit hingewiesen und stets betont, dass man sich irrt, wenn man das dauernde Verhalten nach dem momentanen zu beurteilen sich vermisst. Man überlege sich doch einen Moment, dass in einem Gebirge sich im Laufe der Jahrtausende eine immer genauere Anpassung der Verteilung aller inneren Druck- und Zugspannungen an eine Gleichgewichtslage ergeben hat, und dass durch Abwitterung, Schluchtenbildung, Aufschüttung von Gehängeschutt stetige langsame Änderungen in der innern Druckverteilung, strebend nach Gleichgewichtslage, eintreten müssen. Jetzt kommt plötzlich, in furchtbarer Hast ausgeführt, der gewaltige operative Eingriff des Tunnelbaues. Auf einem Stich durch den Berg ist plötzlich aller Gesteinsgegendruck aufgehoben. Eine Menge der früheren Kräftekurven sind unterbrochen, benachbarte nicht. Nun muss sich zunächst in der Umgebung des Tunnels die Verteilung der Druckspannungen im Gebirge ändern, dann wird langsam die Änderung von einer Stelle zur andern sich fortpflanzen und weiter greifen. Es wäre ein schönes Problem der graphischen Statik oder der analytischen Mechanik, diese Ablenkungen der Spannungskurven (Druck und Zug) genauer theoretisch zu prüfen. Die innern Spannungen werden nicht plötzlich der neuen Situation sich anpassen können, sondern sehr allmählich werden die Ablenkungen sich ergeben. Auf das zunächst um den Tunnel liegende Gestein presst nicht sofort das ganze Gebirge. Ein Scheiteleinbruch gewöhnlicher Art verlängert sich ja auch erst nach Jahren an die Oberfläche hinaus und erst dann ruht wieder die normale Überlastung auf dem Tunnel. Es ist für den Tunnelbau ein grosses Glück, dass der Gebirgsdruck gewissermassen überrascht und das Gewölbe eingesetzt werden kann, bevor er zur normalen endgültigen Besinnung und Wirkung kommt, sonst hätten wir wahrscheinlich keinen einzigen der grossen Tunnels zu Stande gebracht. Sogar der völlig plastisch kaolinisierte Urserengneiss des Gotthard-

Digitized by Google

tunnels an der berühmt gewordenen „druckhaften Stelle“ gelangte erst etwa ein halbes Jahr nach dem Tunnelausbruch in gefährliche druckhafte Beweglichkeit, und doch war hier die Gesteinsbeschaffenheit von vorneherein dazu angetan. Die Gebirgsfestigkeit wird auf die Dauer immer kleiner sein, als die Gesteinsfestigkeit, und niemals darf aus dem Verhalten eines Gesteines in der kurzen Zeit zwischen Tunnelaushub und Gewölbeeinbau ein rechnender Schluss auf die Gebirgsfestigkeit gezogen werden! Wenn die Gebirgsfestigkeit so leicht aus kurzatmiger Beobachtung sich ableiten liesse, wie Schmidt es meinte (S. 54 seiner Arbeit), dann hätte ich sie nicht als der „ungemessene Hauptfaktor“ bezeichnet.

Schmidt spricht von den „Druck- und Wärmezentren“ bei Km. 9 vom N P und 8 vom S P im Simplontunnel, welche am einen Ort mehr „treibend“, am andern „brechend“ druckhaft geworden sind und knüpft daran die Bemerkung (S. 57): „Trotzdem finden wir keine latente Plastizität der Gesteine und in der Art der Druckhaftigkeit erscheint noch jede petrographische Differenz zum Ausdruck gelangend“. Wie kann man aber „latente Plastizität“ wahrnehmen wollen an den Wänden eines Tiefbaues? Die kann und muss ja nur im allseitig geschlossenen Gebirge vorhanden sein, in einer Tiefe, wo der Druck die Gesteinsfestigkeit bedeutend übertrifft. Jeder Stollen befreit das Gestein in seiner Umgebung aus diesem Zustande durch einseitige Aufhebung des Gegendruckes und macht es dadurch relativ spröde und gibt ihm alle seine ursprünglichen Kohäsionseigentümlichkeiten zurück.

Einen Satz weiter hat sich Schmidt offenbar über die Unmöglichkeit plastischer Bewegungen an den Stollenwänden selbst besonnen und frägt nun: „Wie weit bergeinwärts erstreckt sich diese steife Randzone um den Tunnel, wo beginnt der plastisch gedrückte Kern? Nach Heim kann diese Schutzzone nicht allzu dick sein, denn der Hohlraum des Stollens muss ja noch ansaugend auf den plastischen Kern wirken können“. Auf den ersten Satz antworte ich, dass wir überhaupt mit unsern Gebirgstunnels noch nirgends in die wirklich für alle Gesteine latent plastische Zone gegriffen haben, dass übrigens, wenn dies der Fall wäre, nach meiner Meinung die Versprödung des vorher in plastischerem Zustande befindlichen Gesteines vom Stollen aus weit und im Laufe der Zeit mit der Lockerung immer weiter hinein greifen wird, jedenfalls hunderte, wahrscheinlich tausende von Metern. Und auf den zweiten Satz: Damit ein (bildlich gesprochen) „Ansaugen des Gesteins“ vom Stollenhohlraum aus, richtiger gesagt: ein Drängen des Gesteines durch Überdruck nach der gegendruckfreien Stelle sich geltend mache, ist es

Digitized by Google

gar nicht notwendig, dass das Gestein plastisch sei, es genügt Klüftung, Gebirgsschlägigkeit. Das von Schmidt S. 57 supponierte Experiment würde nach meiner Überzeugung zu Gunsten meiner Auffassung ausfallen: In ein klares, allseitig über die Druckfestigkeit gepresstes Stück Steinsalz wird ein Bohrloch hergestellt. Nach dem Herausziehen des Bohrers splittern sofort Stücke an den Bohrflächen ab (Bergschläge), das Bohrloch füllt sich mit solchen und es entsteht ringsum eine wolkige Trübung durch feine Risschen, die sich auslaufend verbreitert. Wenn der Druck lange Zeit noch anhält, wird die Masse allmählich wieder einheitlich und klar und das Bohrloch ist geschlossen. Stünde mir ein Laboratorium zu Gebote, so würde ich das Experiment ausführen.

Es ist allgemein bekannt und ist sehr begreiflich, dass die Unternehmung des Simplon-Tunnelbaues gerne ihrer vertraglichen Pflicht, den Stollen II auch zum Tunnel auszubauen, sich enthoben gesehen hätte. Bei den Bemühungen dafür hat sie sich auch hinreissen lassen, zu behaupten, die Gebirgsbewegungen seien „nun zum Stillstand gekommen". Die Experten der Bundesbahnen haben umgekehrt festgestellt, dass die Bewegungen (Zusammengehen der Seiten, Sohlenauftrieb, Steinschläge, Gesteinseinbrüche) noch fortdauern. Nach meiner Überzeugung könnte vorübergehend durch Klemmerscheinungen da oder dort ein Stillstand eintreten, allein im Ganzen muss das Tempo der Bewegungen sich im Laufe der Zeit eher stets beschleunigen, denn durch die Ablösungen wird das Hohlprofil immer weiter und mit der Zeit das Streben des Gebirges gegen den offenen Stollen immer stärker ausgelöst. Verwechseln wir nicht das hier zu Erwartende mit dem, was durch gewöhnlichen Schwerebruch auch bei geringer Tunneltiefe vorkommt.

S. 58 lesen wir bei Schmidt: „Irgendwelche Erscheinungen, die auf latent plastischen Zustand des Gesteines, auf in demselben herrschenden hydrostatischen Druck hinweisen, wurden tatsächlich nicht beobachtet". Ich habe schon darauf hingewiesen, dass latent plastischer Zustand des Gesteines selbstverständlich in einem Tunnel niemals beobachtet werden kann, es sei denn, dass die Gesteine schon in gewöhnlichem Zustande plastisch sind. Die Plastizität durch Druck ist nie direkt, sondern nur in ihren Folgen an bruchlos gebogenen Schichten, bruchlos gestreckten Gesteinen etc., zu erkennen. Allein dass eine dem hydrostatischen Druck vergleichbare Verteilung des Gebirgsdruckes vorhanden ist, hat Schmidt zwei Zeilen weiter oben selbst kursiv gedruckt, indem er von **„allseitiger Druckhaftigkeit"** spricht. Das ist's eben! Das hat er selbst konstatiert im Sohlenauftrieb und in der Verengerung der Widerlagerdistanz. Warum läugnet er es zwei

Digitized by Google

Zeilen später wieder ab? Die allseitige Druckverteilung, der Art, dass das Überlagerungsgewicht sich nicht nur von oben auf den Gewölbescheitel, sondern ebenso von der Seite und von unten als Druck mit Tendenz zum Stollenschluss äussert, ist eben die mit einer Flüssigkeit zu vergleichende Erscheinung, die ich gewagt habe, „hydrostatische Druckverteilung" zu nennen. Selbstverständlich — ich habe das auch stets so ausgedrückt — handelt es sich nicht um eine Gleichheit, sondern nur um eine Annäherung an den Zustand in einer Flüssigkeit. Die Differenz in der inneren Reibung bleibt bestehen. Was man sehr gut im Stollen und schon in diesen Tiefen wahrnehmen kann, das ist diese allseitige Fortpflanzung des Gebirgsdruckes. So wie die Gebirgsfestigkeit viel geringer ist, als die Gesteinsfestigkeit, so macht sich auch die allseitige Fortpflanzung des Druckes im Gebirge schon in viel geringeren Tiefen bemerkbar, als die plastische Umformung. Diese allseitige, der hydrostatischen vergleichbare Fortpflanzung des Druckes, ist nicht nur durch das Zusammengehen der Widerlager, sondern ganz besonders durch den Sohlenauftrieb bewiesen, der im Simplontunnelstollen II schon jetzt sich auf viele Kilometer Länge geltend macht, und der in hunderten von Bergwerken und tiefen Tunnels sich eingestellt hat. Der hydrostatische Auftrieb einer Flüssigkeit wirkt annähernd sofort, der Auftrieb im Gebirge kann nur langsam zur Geltung kommen, weil alle Bewegungen im Gebirge die innere Reibung der Masse und die Gebirgsfestigkeit erst zu überwinden haben. Das gibt aber in grossen Tiefen kein Aufheben, nur eine Verzögerung der Wirkung. Selbst Schmidt hat für den Sohlenauftrieb, für die „allseitige Druckhaftigkeit" im „treibenden" Gebirge keine andere Erklärung versucht. Er nimmt meine Erklärung an (Seite 50, unterer Teil), nur hat er dafür andere Worte benutzt. Und hier muss noch besonders betont werden, dass Schmidt nicht nur für die Bergschläge den Nachweis der Zunahme mit der Überlagerung gegeben hat, sondern dass er dies auch ausdrücklich im Simplontunnel für die „Druckhaftigkeit", das „treibende" Gebirge dartut, das (S. 56, Mitte) bei der grössten Überlastung von 2200 m am treibendsten wird!

Bei dieser Gelegenheit sei ferner erwähnt, dass auch Herr Ingenieur C. J. Wagner in seinen Aufsätzen in der Schweizerischen Bauzeitung (Juli 1905 Nr. 1—4) ausdrücklich konstatiert, dass im allgemeinen der Gebirgsdruck, wie er sich beim Tunnelbau manifestiert, mit der Tiefe unter der Oberfläche zunimmt. Wie der Gebirgsdruck zu Stande kommt, darüber freilich macht sich Wagner keine Gedanken. Er redet nur von den „inneren Kräften, welche in den Gebirgsmassen angesammelt sind" und von dem Gebirge, „wo mit den sogenannten

Digitized by Google

inneren Kräften zu rechnen ist". Ich habe im übrigen keine Veranlassung, weiter auf jene Artikel einzutreten.

Alle die Gegner der „hydrostatischen Druckverteilung" konstatieren also, dass der „allseitige Gebirgsdruck" mit der Überlastung zunimmt. Überlastung ist also die Ursache des Gebirgsdruckes und die flüssigkeitsartige Druckverteilung ist daran Schuld, dass die Überlastung nicht nur den Gewölbescheitel eindrückt, sondern auch die Seiten eintreibt und die Sohle auftreibt! Von der Gesteinsbeschaffenheit hängt nur ab, ob er sofort oder erst im Laufe der Zeit sichtbare Wirkungen erzeugt und in welcher Art das in den Tunnelhohlraum getriebene Gestein sich löst.

Seite 58 meint Schmidt, dass die Auffassung einer allseitigen (= hydrostatischen) Druckverteilung deshalb unrichtig sei, weil der Gotthardtunnel 1550 m und sogar 1646 m unter der Oberfläche, der Simplontunnel bei 1800 m mittlerer Überlastung noch klaffende Wasserspalten angetroffen habe. S. 62 kommt er mit der gleichen Beobachtung nochmals, setzt dann aber im Widerspruch mit dem vorher gesagten die Zahlen um 1000 m höher, auf 2700 bis 3000 m Tiefe unter der Oberfläche.

Zunächst ist zu beachten, dass, nachdem die Auflagerungsflächen der zur Festigkeitsprobe benutzten Steinwürfel ganz anders als früher bearbeitet werden, auch durchweg sich höhere Druckfestigkeiten ergeben haben. Kalksteine, Gneisse, Granite, Porphyre etc. ertragen Säulenhöhen von 2000 bis 6000 m, bevor die Säulenlast den Säulenfuss zerquetscht. Schmidt hat also recht, wenn er sagt, die von mir früher, d. h. vor 30 Jahren, angenommenen Tiefen für das Eintreten der latenten Plastizität in verschiedenen Gesteinen seien zu gering. Die Tiefen, in denen bis jetzt Wasserspalten gefunden worden sind, sind aber alle noch viel viel geringer. In der Tiefenzone, in welcher sich unsere grossen Alpentunnels befinden, ist durchschnittlich schon vielfach die Gebirgsfestigkeit überwunden, aber nur stellenweise die Gesteinsfestigkeit. Allseitige Druckverteilung ist schon lange wirksam, Gesteinszermalmung oder Plastizität tritt dagegen erst stellenweise ein. Da wird ein Tunnel notwendig allmählich druckhaft, obschon noch klaffende Spalten vorkommen und zum Teile neu sich öffnen. Wenn klaffende Spalten in der Richtung der Maximaldrucklinien des Gebirges, also ziemlich steil, nicht zu flach liegen, so können sie von längster Dauer sein, noch mehr, wenn sie zugleich mit Druckwasser gefüllt sind. Aber der Tunnelbau konzentriert dann den Gebirgsdruck auf die nächste Umgebung des Tunnels, so dass er hier bis zum Zersprengen spröder kompakter Gesteine sich steigert. In der Zone, wo die Überlastung im allgemeinen zwar die Gebirgsfestigkeit aber noch nicht allseitig die Gesteinsfestigkeit übersteigt, sind

Digitized by Google

dauernde Spalten möglich, während an gleicher Stelle ein Tunnel sich — unausgewölbt — schon schliessen muss. Das stimmt vollständig überein mit allen Erfahrungen im Hauenstein-, Bötzberg-, Gotthard-, Simplontunnel etc. Die paar wenigen offenen oder mit Druckwasser gefüllten Spalten im Gotthard- und Simplontunnel widersprechen meiner Auffassung wahrlich nicht!

Seite 61 folgt Schmidts Generalverdikt in den Worten: . . . . „muss ich . . . besonders darauf hindeuten, dass A. Heim nicht berechtigt war, unter Hinweis auf die nicht genügende Vertiefung seiner Fachgenossen in die Mechanik der festen Körper, in autoritativer Weise seine Lehren von vor bald 30 Jahren unverändert zu wiederholen und denselben die weitgehendste Bedeutung in Fragen des Tunnelbaues beizumessen".

In erster Linie muss ich fragen, ob dreissigjähriges Alter einer Theorie ein Beweis für ihre Unrichtigkeit sei. Ich kenne andere Theorien, die noch viel langlebiger sind. Und wenn Wahrheit darin ist, nach wie viel Jahren muss sie dann abtreten? Sie muss abtreten, wenn etwas besseres an ihre Stelle gesetzt werden kann!

Bei obigem Urteilsspruch von Schmidt muss ich notgedrungen etwas länger verweilen, und will dabei erst noch einige Worte über die tunneltechnische Seite der Frage hinzusetzen, sodann die Stellung prüfen, welche ich heute zu den „Lehren von vor bald 30 Jahren" als Geologe einnehmen muss.

### 3. Meine Auffassung über den Gebirgsdruck in seinem Verhältnis zum Tunnelbau ist bestätigt.

Seit wann ist es „unberechtigt", mittelst wissenschaftlicher Theorien praktische Fragen zu beleuchten? Man hat jahrelang Tunnelbau auf Grundlage einer falschen Gewölbetheorie getrieben, indem man vom architektonischen Gewölbe ausgegangen ist. Und jetzt, da sich der fortschreitende Zusammenbruch dieser Tunnels eingestellt hat und alle in beständigen Rekonstruktionen stehen, sollte mein Versuch, von einem anderen, diese bösen Erfahrungen würdigenden theoretischen Gesichtspunkte aus, die Dinge zu erörtern, unberechtigt sein? Meine Theorie über Gebirgsdruck und dessen Verhältnis zum Tunnelbau hatte ich Schritt für Schritt aus den Beobachtungen abgeleitet. Ich bin dann vor Beginn des Baues des Simplontunnels zum wissenschaftlich technisch tüchtigsten unter den mir damals schon bekannten Gliedern der Unternehmung, Herrn Oberst Dr. Eduard Locher gegangen, und habe ihm vorgestellt, dass ich grosse Gefahren in einem nicht ausgewölbten zweiten Stollen, unfern neben dem Haupttunnel sehe. Er suchte meine Bedenken damit zu heben, dass

Digitized by Google

er mich versicherte, der zweite Stollen werde sofort nach Vollendung des ersten ausgemauert. Ich setzte hinzu, „dann muss das aber sehr rasch geschehen". Heute anerkennt die Unternehmung des Simplontunnels, dass die 17 m Distanz des Zwillingstunnels zu gering gewählt worden sei, sie schiebt aber allerneuestens wiederum die Schuld dafür auf die Geologen, als ob die Geologen hierüber überhaupt gefragt worden wären. Tatsächlich haben die vorläufigen geologischen Begutachtungen vor Beginn des Tunnelbaues alle auf die besonderen Schwierigkeiten hingewiesen, welche am Simplon der Beurteilung des Gebirgsbaues entgegenstehen und haben alle die Forderung aufgestellt, dass man Zeit und Auftrag zu einer gründlicheren Untersuchung vor Beginn des Tunnelbaues gebe. Eine solche ist dann aber leider unterblieben, weil die Unternehmung zum vornherein erklärte, dass sie darauf gar nichts gebe und den Bau unternehme, es möge im Berge kommen was da wolle, sie sei auf alles gerüstet. Um so sonderbarer nimmt es sich nun aus, wenn nachher immer wieder die Geologen der Unternehmung als Sündenbock dienen müssen, und sie alle Schwierigkeiten, die sich bei dem ungeheuren Werke eingestellt haben, als unvorhergesehen bezeichnet und dafür die Geologen verantwortlich machen will[1]). Vor Beginn des Baues war es aber tatsächlich der Geologe, der erklärt hat, dass auch im festesten Gestein der Stollen II eine Gefahr für Deformation des Tunnels I sei. Und wenn Herr Ing. C. Wagner als Experte diese Distanz von 17 m als genügend bezeichnet hatte, so beruhte diese seine Behauptung auf blossem grundlosem Gefühl ohne jede Überlegung, was Gebirgsdruck und Gebirgsfestigkeit in dieser Tiefe bedeuten.

Ohne mein Zutun, bloss durch das Gewicht der Tatsachen, die sich seither gezeigt haben, ist mein damaliges Postulat nun bestätigt und von den Räten angenommen worden, das heisst: der zweite Simplonstollen wird jetzt zum Tunnel ausgebaut. Auf Grundlage meiner Theorie von Tunnelbau und Gebirgsdruck habe ich vorausgesagt, dass das Gestein vom Stollen II aus an Brüchigkeit zunehmen und schliesslich auch Tunnel I gefährden werde, dass nach einiger Zeit Sohlenauftrieb eintreten, dass ursprünglich nicht druckhafte Stellen druckhaft werden, dass die Absplitterungen („Bergschläge") zunehmen werden. Nun haben sich tatsächlich schon jetzt alle diese Erschei-

[1]) Verglichen:
Über die geologische Voraussicht beim Simplontunnel, Antwort auf die Angriffe des Herrn Nationalrat Ed. Sulzer-Ziegler, verfasst von Dr. Albert Heim im Auftrage der geologischen Simplon-Kommission. Eclogae geologicae Helvetiae. Vol. VIII, Nr. 4, S. 365 bis 384, Oktober 1904.

Digitized by Google

nungen im Simplonstollen II in einer geradezu erschreckenden Weise und noch viel rascher als ich es erwartet hatte, eingestellt, und man erkennt die daraus sich vorbereitende Gefahr für Tunnel I. Die Expertenkommission der Bundesbahnen, Dr. R. Moser, Ingenieur, Ing. Fr. Lusser und Prof. Dr. C. Schmidt, haben diese Erscheinungen genau konstatiert und sind zur Überzeugung gekommen, dass es höchste Zeit sei, den Stollen II wenigstens auf lange Strecken auszuwölben, dass in Tunnel I noch stärkere Gewölbe und mehr Sohlengewölbe hätten eingesetzt werden sollen, ferner dass die Distanz der beiden Tunnelaxen mit 17 m eigentlich viel zu gering sei, und an manchen Stellen kaum mehr 3 m zusammenhängendes Gestein zwischen beiden Tunnel vorhanden ist. Ist das nicht eine schlagende Bestätigung meiner Auffassung? Wie kann man es jetzt als „unberechtigt" bezeichnen, dass ich das alles vorausgesagt habe? Schmidt aber, nachdem er sehr eingehend mitgeholfen hat, alle diese schlimmen Erscheinungen im Simplon objektiv festzustellen, gipfelt S. 59 in der Behauptung, er komme zu dem Schlusse, dass die Existenz des Simplontunnels durch meine Theorien in keiner Weise gefährdet sei.

Heute erlaube ich mir, meinen schon vor bald 30 Jahren angedeuteten, dann mehr und mehr ausgereiften und in meinen Vorlesungen über „Anwendungen der Geologie", sowie in meiner Schrift „Tunnelbau und Gebirgsdruck" näher in der Anwendung auf Tunnelbau dargelegten Standpunkt als aufs Neue durch die Erfahrungen bestätigt festzuhalten, dahingehend, dass die Überlastung durch das überliegende Gebirge bei unseren grossen tiefen Gebirgstunnels vielfach die Gebirgsfestigkeit, manchmal sogar auch die Gesteinsfestigkeit übersteigt und sich in einen allseitigen Druck umsetzt, so dass, um auf die Dauer haltbar zu sein, diese Tunnels von vorneherein mit druckstarkem, ringsum geschlossenem Gewölbe, am besten von annähernd kreisförmigem Querschnitt ausgeführt werden sollten und dass ein unausgebauter Stollen und ein Tunnel ohne Sohlengewölbe auf die Dauer nicht haltbar sind, und eine stets weiter greifende Lockerung des Gebirges nach sich ziehen.

Die verschiedenen Projekte schweizerischer Ostalpenbahnen suchen sich zur Zeit dadurch den Rang abzulaufen, dass jedes seine Kulmination noch tiefer legen will. Dadurch entsteht aber nicht nur eine Verlängerung des Haupttunnels, sondern eine wesentliche Erschwerung des Baues durch die vermehrte Tiefe unter der Oberfläche. Man wird stärkere Gewölbe und weit mehr Sohlengewölbe anwenden müssen, und wenn man sich dieser Einsicht, wie zu erwarten ist.

Digitized by Google

hartnäckig verschliesst, so werden einige Jahrzehnte später diese Arbeiten unter viel schwierigeren Umständen und doppelten Kosten durchgeführt werden müssen. Die Greina-Bahn hat beiderseits in je 900 m Meerhöhe von Natur gebotenen Tunneleingang. Das tiefere Projekt verlängert den Tunnel nicht nur um ca. 7 km, sondern macht ihn auch viel druckhafter und verscherzt die reellen technischen und einen Teil der geologischen Vorteile. Noch bedeutend schwieriger wird sich das tiefere Projekt beim Splügentunnel gestalten, weil dort die Gesteine vorherrschend ziemlich flach liegen, die Wasserverhältnisse viel ungünstiger sind und, wenigstens der Südausgang, nicht von Natur gegeben ist. Grössere Tiefe ist nicht stets ein Vorteil, sie wird schliesslich zum Nachteil, schon abgesehen von den höheren Temperaturen.

Zur Zeit, da im Hinblick auf Greina und Splügen, neue Tunnelbausysteme auftauchen, in denen eventuell ein zweispuriger Tunnel mit dem Doppelstollensystem verbunden werden (Weber und Hennings, Chiapuzzi) oder ein vom Simplon abweichender Bau zweier einspuriger Tunnels (Dr. Locher) versucht werden soll, muss ich meinerseits betonen, dass ich es bei allen diesen Bauarten als ein Postulat ansehen muss, dass der Lüftungsstollen, der Wasserkanal etc., wenn er unter oder dicht neben dem Tunnel gedacht ist, in das Kreisgewölbe miteinbezogen werde, oder dann für sich ganz ausgewölbt werden muss. Stets würde ich demjenigen Tunnelbausystem den Vorzug geben, welches eine möglichste Ausnützung der „Überraschung" des Gebirges gestattet, d. h. bei welchem die definitive totale Auswölbung des Tunnels möglichst rasch dem Einbruch durch den ersten Richtstollen nachfolgt.

## 4. Über die Druckplastizität der Gesteine bei der Gebirgsbildung.

Meine Theorie der Gesteinsumformung bei der Gebirgsbildung, die Theorie der Druckplastizität, die Schmidt bei dieser Gelegenheit ganz allgemein angreift und verwirft, ist durch alle bezüglichen in den letzten 30 Jahren gemachten, mir bekannt gewordenen Untersuchungen nur bestätigt worden und hat eine Menge für mich unerwarteter Vervollständigungen durch die mikroskopische Beobachtung und durch die Experimente einer ganzen Anzahl von vortrefflichen Forschern gewonnen. Seite 60 unten führt Schmidt heute wieder gegen mich diejenigen Widersacher (Stapff, Pfaff etc.) ins Feld, die schon vor vielen Jahren gründliche Zurückweisung erfahren haben, an deren Einwürfe Schmidt selbst nicht glaubt, und aus deren



Digitized by Google

Widerspruch nur Bestätigung für mich hervorgegangen ist[1]). Schmidt selbst gibt in seiner vorliegenden Arbeit in den Mitteilungen der tatsächlichen Beobachtungen viele Bestätigungen und nichts, das ich als Widerlegung ansehen könnte. Endlich ruft er S. 61 sogar „alle petrographischen und allgemein geologischen Lehrbücher" zu Hülfe und konstatiert, dass „sich heutzutage die Autoren äusserst reserviert über latente Plastizität und bruchlose Faltung der Gesteine in der Tiefe äussern". Das letztere ist nicht unrichtig, aber es ist kein Gegenbeweis. Es ist auch nur zum Teil richtig, denn z. B. für die Arbeiten vieler englischer Geologen, die sich so viel mit diesen Fragen beschäftigt haben, ist es nicht zutreffend. Sodann lese man z. B. nach in Zirkels Lehrbuch der Petrographie, 1893, erster Band, S. 603 bis 635. Gewiss drückt sich der grosse Meister der Petrographie sehr „reserviert" aus. Allein S. 613 sagt er ausdrücklich: „Abgesehen von den Zertrümmerungen der Gesteinsbestandteile, welche nur deren Zusammenhang aufheben, bewirkt der Gebirgsdruck aber an ihnen auch eigentliche Deformationen, Gestaltsveränderungen, welche hauptsächlich als Streckung bezeichnet werden, unter Wahrung der Konsistenz". In den darauf folgenden Seiten folgen eine Menge von Beispielen bruchloser mechanischer Gesteinsumformungen aus grosser Tiefe.

Oder man lese nach in E. Haug: Traité de Géologie, 1907, I., S. 232 oben, oder noch in andern.

Einen Gegenbeweis in der geologischen Literatur gegen die „latente Plastizität und bruchlose Faltung der Gesteine in der Tiefe" habe ich nirgends finden können.

Es würde ein grosses Werk mit vielen Figuren ergeben, wollte ich diese Gelegenheit dazu benützen, auf alle mir von verschiedenen Seiten gemachten Einwürfe einzutreten und anderseits die zahlreichen zustimmenden oder erweiternden Beobachtungen und Diskussionen im Auszug wiederzugeben und zu besprechen. Hier muss ich mich ganz kurz fassen. Die folgenden Zeilen sollen so einfach und kurz als möglich meinen Standpunkt gegenüber diesem Generalverdikt (hier Seite 46, 2. Absatz) von Schmidt kennzeichnen.

Bei Aufstellung meiner Theorie der mechanischen Gesteinsumformung bei der Gebirgsbildung („Mechanismus der Gebirgsbildung 1878") bin ich wie folgt vorgegangen:

1. Die vorher in den Alpen noch von erst wenigen (Arn. Escher, Baltzer) beachteten und im allgemeinen sonst noch ganz ungenügend gewürdigten Tatsachen der Gesteinsumformung bei der Gebirgsbildung

[1]) (Zeitschrift der Deutschen Geol. Ges. 1880, S. 262—299).

Digitized by Google

wurden in einer grossen Anzahl von Erscheinungsformen festgestellt und diese Tatsachen untereinander in Zusammenhang gebracht, und die Gesetze ihres Auftretens abzuleiten versucht. Es sind dies die deformierten Gerölle, deformierten Petrefakten, Dislokationsbreccien, Harnischgesteine, Clivage verschiedener Arten, Faltungen, feste Fluidaltexturen, Knetstrukturen, manche krystalline Umwandlungen und Ummineralisationen, die in geklemmten Faltungszonen fern von Eruptivgesteinen liegen[1]). Seither sind noch eine schöne Anzahl weiterer Modifikationen von andern und mir dazu entdeckt worden, wie die Umwandlungen von Eruptivgesteinen in krystalline Schiefergesteine (Lossen, Rosenbusch, Grubenmann), die Mörtelstruktur (Thörnebohm), die Entmischungen von Kalk und Thon (Arnold Heim), die Knetmischungen (Steinmann) etc. Die Mannigfaltigkeit ist gross. Das Neue erschien mir nicht als Widerspruch gegen die frühere Erkenntnis, sondern als Entwicklung derselben.

2. Sodann habe ich alle diese Erscheinungen in eine Reihe zusammengeordnet, beginnend mit der Gesteinsdeformation durch grobe Brüche und Verschiebungen, übergehend zu immer feinerer innerer Zertrümmerung, endlich brechende oder gleitende Verstellung mikroskopisch kleiner Teilchen und endigend in der plastischen Umformung ohne eigentlichen Bruch, aber zum Teil mit Ummineralisation. Schon vor 30 Jahren hatte ich mikroskopisch wie makroskopisch eine Menge von Fällen bruchloser Gesteinsdeformationen gefunden.

3. Dann erst habe ich eine Erklärung für diese grosse ganze Erscheinungsreihe gesucht und dabei folgendes gefunden:

a) Ein Gesteinsstück in grosser Tiefe ist schliesslich weit über seine rückwirkende Festigkeit belastet, kann aber nicht brechen und nicht weichen, weil es ringsum von gleich gepressten eingeschlossen ist. Seine Tendenz, dem Drucke seitlich auszuweichen, wird es

[1]) Bei dieser Gelegenheit sehe ich mich zu folgender Selbstanklage verpflichtet. Vor 1878 waren mir die älteren Beobachtungen aus ausseralpinen Gebieten über mechanische Gesteinsumformungen bei der Gebirgsbildung leider grösstenteils entgangen. Im besonderen kannte ich damals noch nicht die Arbeiten von Baur (1846) über Transversalschieferung, nur teilweise diejenigen von Sorby (1853) und Phillips (1856). Ganz besonders mache ich es mir zum Vorwurf, dass ich damals die Beobachtungen und weitgehenden theoretischen Folgerungen von Lossen 1867 über Ummineralisation in Verbindung mit textureller Umformung aus dem Taunus übersehen hatte. Es ist das ein Fehler, für dessen Beurteilung ich nur den Linderungsgrund anführen kann, dass ich von einem schlechten Gedächtnis, besonders für das, was ich gelesen habe, geplagt bin — Folgen von schwerem anhaltendem Migräneleiden in den Jugendjahren. Literarische historische Gerechtigkeit ist für mich dadurch sehr erschwert. Die damals unberücksichtigt gebliebenen älteren Beobachtungen stimmen mit unseren späteren überein und heute mag es eher als Beweis für die Objektivität unserer Auffassungen gelten, dass unabhängig von einander so ähnliche Gesichtspunkte gewonnen worden sind.

Digitized by Google

als Seitendruck auf das Nebengestein äussern, das führt mehr und mehr zu allseitiger (hydrostatischer) Druckverteilung. Unter Belastung viel grösser als die rückwirkende Festigkeit muss das Gestein ohne Bruch umformbar sein, denn zur Bildung von Total-Trennungen ist kein Raum da. Ich habe diesen Zustand latent plastisch genannt.

b) Wenn nun das Gestein in diesem Zustande noch von einer neuen grossen Kraft, der Dislokation, ergriffen wird, so macht sich die Umformung geltend, die Plastizität tritt aus der Latenz in Aktivität.

Das Vorbild für diese Umformung blieben, wie schon die Worte andeuten, die plastischen Körper, also Wachs, Modellierton etc.

Wir können a und b noch kürzer ausdrücken: **Überlastung macht deformierbar, Dislokation deformiert.**

Die Art der Deformation mit mehr oder weniger Bruch oder ohne Bruch hängt ab von der Eigenschaft des Gesteines in Verbindung mit dem Grade der Belastung, sie kann betreffen die Lagerung, Textur, Struktur und Mineralisation.

Der von Rosenbusch stammende Name „Dynamometamorphose" (1886) ist wohl am gebräuchlichsten geworden. Die älteste Bezeichnung von Lossen Dislokationsmetamorphismus (1869) ist aber viel präziser, um die zonal in den Kettengebirgen auftretenden und eben von der Dislokation herrührenden Gesteinsveränderungen zu unterscheiden von Kontaktmetamorphose, Regionalmetamorphose und anderem. Sie hat auch gegenüber anderen („Stauungsmetamorphose" Gümbel, „Druckmetamorphose" Brögger) den Vorzug, in allen Sprachen anwendbar zu sein.

Seite 61 sagt Schmidt: „Die tausendfältige mikroskopische Untersuchung der im Gebirge am intensivst gepressten Gesteine zeigt durchweg Zermalmung in erster Linie, dann bei Drucksteigerung chemische Auflösung und bei Druckerniedrigung Auskristallisation der Gemengteile . . . . An Stelle rein mechanischer Vorgänge treten chemische, d. h. es entstehen erst Lösungen und dann Auskristallisationen, die zur Entstehung neuer Verbindungen führen können . . . so ist es doch sicher, dass die heutige Petrographie die bruchlose, rein mechanische latent plastische Umformung der Gesteine nirgends zu finden vermag" — von „latenter Umformung" wird gesprochen!

Meine Theorie von der Deformation der Gesteine bei der Gebirgsbildung umfasst die ganze kontinuierliche Reihe der Umformungen von der Zertrümmerung zur Dislokationsbreccie bis zur mehr oder weniger bruchlosen Umformung, und bringt diese Erscheinungsformen

Digitized by Google

in verständlichen Zusammenhang. Die total bruchlose plastische Umformung ist nur das äusserste Endglied der ganzen Reihe. An diesem allein aber setzt die Kritik meistens ein. Selbstverständlich sind die letzten Endglieder viel seltener zu sehen, als die Millionen von Zwischenformen. Aus den letzteren auf Nichtexistenz der Endglieder oder auf Unrichtigkeit der ganzen Betrachtungsart zu schliessen, ist unlogisch. Es ist aber auch nicht wahr, dass mikroskopische Untersuchung stets nur Zermalmung oder Lösungsumsatz nachweise. Eine ganze Menge von Autoren haben das bruchlose Fliessen (Flowage) von Gesteinssubstanz unter dem Mikroskop erkannt (Becker, Adams, Harker, Teall, Milch, Fisher, Sharpe, Sorby, Reusch, A. Geikie, Zirkel [vergl. obiges Zitat], Rosenbusch, Van Hise, Grubenmann etc. etc.). Ich besitze manche Dünnschliffe, in denen die feinsten Deformationen von Gesteinen ohne Bruch und ohne Lösungsumsatz zu sehen sind. In unseren Sammlungen befinden sich herrliche Stücke, an denen rein mechanische bruchlose Faltung jedem Unbefangenen sofort in die Augen springt und durch die Dünnschliffe bestätigt wird. In manchen Regionen der Alpen sieht man auf Schritt und Tritt Fältelungen, Linearstreckungen an den Gesteinen ohne Rissbildung, ohne Strukturänderung, ohne Farbänderung der Gesteinsmasse. Eine Menge anderer Beobachter haben solche Fälle konstatiert. Es scheint mir nicht berechtigt, die Hypothese des Lösungsumsatzes auch überall da hineinzutragen, wo starke bruchlose Deformationen, ohne die geringste Umänderung in der Mikrostruktur und ohne Farbveränderung, wie sie doch bei Lösungsumsatz fast unvermeidlich wären, eingetreten sind. Ich komme darauf nochmals zurück.

Ich habe zwar stets betont und bin noch jetzt der Meinung, dass bruchlose Umformung einschliesslich einer Dislokationsmetamorphose mit Ummineralisationen (chemischen Umsetzungen) durch den blossen Druck rein mechanisch hervorgerufen werden können; ich habe aber niemals behauptet, dass andere als rein mechanische Faktoren ausgeschlossen seien. Der Lösungsumsatz, der zuerst von Lossen eingeführt worden war, war für mich längst ein Mittel, dessen auch die Deformation bei der Kettengebirgsstauung sich bedienen kann. Niemals hielt ich denselben für einen Widerspruch, sondern für eine willkommene Erweiterung meines Erklärungsversuches, er macht die Moleküle beweglicher. Der Lösungsumsatz für sich allein kann aber keine Gesteinsdeformation erzeugen. Auch bei Lösungsumsatz bleibt die Gesteinsdeformation an den Schweredruck in der Tiefe und an den Dislokationsdruck gebunden. Inwieweit im einen und andern Fall der Lösungsumsatz mitgeholfen hat, darüber freilich sind die Akten

Digitized by Google

noch lange nicht geschlossen. Wahrscheinlich kann manche Umlagerung mit Lösungsumsatz schon unter geringerem Gebirgsdruck eintreten, als dies ohne Lösungsumsatz der Fall wäre.

Eine ähnliche zweite Ergänzung der Theorie der Gesteinsdeformation bildet die Einführung der Wärme als eines begünstigenden Faktors. Gegenüber einigen älteren Meinungen ist hervorzuheben, dass es sich dabei keineswegs um Reibungswärme durch Dislokation, sondern einfach um die Erdwärme in der Tiefe handelt, in welcher die Deformation stattgefunden hat. Es sind vor allem die Experimente von Adams und Nicolson, welche die wesentliche Erleichterung der Deformation von Marmor durch Erwärmen auf 300° erwiesen haben. Ganz das gleiche Resultat hatten diejenigen von Tammann über die Ausflussgeschwindigkeiten kristallisierter Stoffe. Wärme vermehrt rasch die Plastizität. Die meisten in den Alpen jetzt entblössten Gesteinsdeformationen haben unter einem jetzt abgewitterten Gesteinsmantel von einigen hundert bis einigen tausend Metern, also bei erhöhter Temperatur stattgefunden. Aber auch hier gilt das Ähnliche: Die Wärme allein ergibt keine Gesteinsdeformation, keine Dislokationsmetamorphose — höchstens Regionalmetamorphose; Dislokation muss erst auf das gepresste warme Gestein einwirken, bis es deformiert wird.

Eine dritte Erweiterung hat die Theorie der Gesteinsumformung bei der Gebirgsbildung erfahren durch die Beobachtungen über die „Gleitflächen" und die Zwillingsbildung bei Plagioklas, Mikroklin, Augit, Disthen, Calcit etc. durch Druck. Auch da wiederum: Diese Eigenschaften für sich allein erklären die Umformungen nicht, erst unter hohem Druck und bei Dislokation können sie in Wirkung treten und die Deformation sehr wesentlich erleichtern.

Vielleicht findet man noch weitere Erscheinungen, welche ebenfalls zur Umformung mithelfen können. Vor allen denke ich hier als viertes Moment daran, dass die Lösung fester Substanz in fester Substanz durch hohen Druck und infolge davon die chemische Umsetzung von grösster Bedeutung sein könnte. Wesentlich unterstützt wird dieser Gesichtspunkt durch die Experimente von Spring, in welchen zusammengepresste trockene Pulver in chemische Umsetzung treten, falls dadurch Produkte von geringerem Volumen möglich sind und dass die so erhaltenen Produkte von zunehmender Kristallinität sich zeigten.

In der Folge sind wir mehr und mehr dazu gelangt, die Dislokationsmetamorphose in zwei Richtungen der Ausbildung zu unterscheiden. Unter Druck bei starker Bewegung, „Stress", treten mehr

Digitized by Google

Lagerungs- und Texturänderungen auf (Faltung, Clivage, Linearstreckung, Knetstruktur, Rutschflächen) unter mehr stehendem Druck mehr Umkristallisation und Ummineralisation unter Beibehalt oder gar Ausbildung mehr massiger Texturen. Das erstere findet sich öfter in Faltenschenkeln, das letztere öfter in eingeklemmten Muldenkernen und Gewölbekernen. Alle Mischungen oder Zwischenformen sind möglich.

Durch die Faltung eingeklemmte Muldenzonen können in sehr grosse Tiefen hinabgeschleppt worden sein. Da waren zum Teil gleiche Faktoren wie bei der Regionalmetamorphose massgebend, wie besonders Hitze, dazu auch vermehrter Schweredruck, Lösungsumsatz, und die Resultate können sehr ähnlich werden und sich örtlich ebenso zusammensetzen wie die Ursachen.

In meinen weiteren Besprechungen beziehe ich mich ausdrücklich nur auf die Gesteinsumformung bei der Gebirgsbildung, die zonal in Kettengebirgen auftritt und von der Dislokation abhängig ist. Es war ja doch meine Theorie der Druckplastizität der Gesteine an Hand der Dislokationsdeformationen und zur Erklärung von diesen gewonnen. Ich kann mich hier nicht auf das einlassen, was z. B. die Entstehung der kristallinen Schiefer überhaupt betrifft, was zur reinen Regionalmetamorphose gehört.

Nochmals muss ich auf die Frage des wässrigen Lösungsumsatzes zurückkommen.

Ich kenne viele Fälle, wo ich von der Mitwirkung des Lösungsumsatzes zur Deformation unter hohem Druck überzeugt bin. Die neuen Mineralien scheiden sich dann, hingewandert an die Stellen geringsten Druckes, aus und erinnern dort in gewissen Hinsichten an Sekretionen, indem sie deutlichere Kristalle bilden und von Verunreinigungen und Farbmitteln befreit sind.

Es gilt dies z. B. für die kleinen Quarzkriställchen auf den Schichtfugen an den Umbiegungen der feinen Falten des Quartenschiefer — Röthidolomites [1]). Ebenso gilt wohl Lösungsumsatz sehr oft für Feldspath gegen die Enden der Flaserlinsen in Augengneissen. Es ist dies besonders dann unzweifelhaft, wenn der mittlere Teil des Feldspathauges viele Unreinigkeiten enthält, die Winkel des Auges dagegen rein sind. Weisse Calcit- und Quarzlagen finden sich massenhaft auf den Schichtfugen der Umbiegungskniee von Fältelungen im dunkeln Bündnerschiefer und bei vielen anderen gefältelten Schiefer-

[1]) A. Heim, Geol. Nachlese Nr. 12, Vierteljahrsschrift der naturforsch. Ges. Zürich 1900.

Digitized by Google

gesteinen aller Art, während sie zwischen den Schichtenschenkeln völlig fehlen. Durch die Anhäufung an diesen Stellen geringsten Druckes, durch ihre fast sekretionsähnliche Struktur und durch den Mangel an Farbstoff kennzeichnet sich hier der Lösungsumsatz oder Lösungstransport während der Faltung und als Folge des Dislokationsdruckes. In fein gefälteltem dichtem schwarzem Malmkalk vom Piz Frisal, den Windgällen, vom Hüfigletscher, vom Pfaffenkopf, vom Titlis finden sich oft eine Menge feiner, scharf abgegrenzter, weisser, dünner Calcitlagen in den Schichtfugen zwischen den schwarzen Schichten in den Regionen der Umbiegungskniee [1]). Sie sehen so sehr nach Calcitsekretionen aus, dass ich sie früher zum Teil irrtümlicherweise für nachträglich gefaltete Calcitadern angesehen hatte. Sie sind durch Lösungsumsatz und Lösungstransport während der Faltung entstanden. Aber gerade in diesen Gesteinen tritt uns nun sehr oft der Gegensatz von dem plastisch gefalteten, in seiner Mikrostruktur fast total unveränderten schwarzen dichten Malmkalk einerseits und der auf den Schichtfugen durch Lösungsumsatz gebildeten Calcitmasse andererseits sehr augenfällig entgegen. Die Calcitmasse ist zudem oft von feinen dunkeln Flächen in der Ausweichungsrichtung durchzogen. Das sind die während der Bewegung und dem Lösungsumsatz ausgeschiedenen Anthraconit und Tonhäutchen, das Resultat der Entmischung, auf welchen zurückgebliebenen Gleithäuten dann das Fliessen der übrigen Gesteinsteile vom Schenkel gegen die Umbiegungsstelle hin ohne weiteren Lösungsumsatz stattgefunden hat.

Auf den beiden Streckseiten der Pyritknollen im schwarzen Malmkalk von Quinten sind faserige weisse viertelmondsförmige Calcitkappen angesetzt, die nach ihrer Farbe und Struktur — die Fasern sind in der Richtung mit der Streckung gewachsen — mit Hülfe von Lösungsumsatz an den Stellen geringsten Druckes sich ausgeschieden haben.

Ich denke mir, dass unter Belastungsdruck und Dislokation die blosse Gebirgsfeuchtigkeit den Lösungsumsatz besorgt haben kann, und dass die gleiche Menge Wasser immer wieder in Wirkung getreten ist.

Der Lösungsumsatz unter hohem Druck ist aber experimental noch sehr wenig geprüft worden. Spezia [2]) ist es nicht gelungen,

---

[1]) Verglichen die Abbildungen Taf. VIII, Fig. 8 u. 9, in A. Heim, Geol. Nachlese Nr. 12, Vierteljahrsschrift der Naturf. Ges. Zürich 1900.

[2]) Georgio Spezia: Accad. real. Sc. Torino 1904: „Contribuzione di Geologia chimica und 1905 il Dinamometamorfismo e la Mineragenesi", ferner Atti del Congresso dei naturalisti italiani, Milano 1906, „la pressione anche unita al tempo non produce reazioni chimiche".

Digitized by Google

durch hohen Druck die Lösung von Quarz zu vermehren. In den neuesten physikalisch-chemischen Lehrbüchern liest man, dass die Löslichkeit vom Drucke nicht merklich abhängig sei. Und doch ist die Lösung in der Regel spezifisch schwerer, als Lösungsmittel und ungelöster Körper im Mittel sind. Lösung bedeutet somit meistens etwelche Verdichtung und sollte deshalb von Druck befördert werden. Vielleicht wird der Lösungsumsatz erst wesentlich befördert, wenn erhöhte Temperatur den Druck unterstützt? Sehr auffallend bleibt immerhin die Tatsache, dass bei den Experimenten von Adams und Nicolson die plastische Umformung des Marmors in vollständig trockenem Zustande bewerkstelligt werden konnte, und dass die Durchfeuchtung des Gesteines seine Umformbarkeit nicht vermehrt hat. Es ist also wohl angezeigt, noch nicht zu schnell alles auf Lösungsumsatz abzustellen. Musste nicht der höchste Druck das Wasser und die Lösung meistens ganz herausquetschen und die zurückbleibenden trockenen Substanzen in Reaktion bringen?

Wie wir viele Fälle kennen, wo sicher, wie wir alle darüber einig sind, Lösungsumsatz in Mithülfe bei der Deformation getreten ist, so kennen wir aber auch sehr viele Fälle, wo die genauere Art der Ummineralisation und der Deformation zweifelhaft bleibt. Namentlich in den Dünnschliffen hochgradig ummineralisierter und deformierter Gesteine fehlen oft alle unzweideutigen Anzeichen dafür, ob die Metamorphose durch Lösungsumsatz oder ohne solchen stattgefunden habe. Jeder sieht dann nach seiner Auffassung. Viele Erscheinungen können so oder so gedeutet werden. Wir suchen vergeblich nach sicheren objektiv entscheidenden Merkmalen. Wir können nur sagen, Lösungsumsatz sei wahrscheinlich, weil die dazu nötige Wassermenge im Gestein allgegenwärtig ist und das Wasser bei hohem Druck und hoher Temperatur nicht träge geblieben sein wird. Aber die Resultate von Lösungsumsatz einerseits, trockenem Druckumsatz andererseits sind oft nicht unterscheidbar. Der Entscheid für unsere Auffassung liegt zur Zeit noch darin, ob wir dem einen oder andern mehr Glauben schenken. Wir müssen eben die Mittel erst noch entdecken, an welchen sich Lösungsumsatz einerseits von trockenem chemischem Druckumsatz oder trockener Molekularwanderung, oder rein mechanischer Deformation des einzelnen Mineralkornes andererseits unterscheiden lässt, wenn es überhaupt solche für alle Fälle gibt.

Endlich gibt es aber auch zahlreiche Fälle, wo nach meiner Überzeugung Lösungsumsatz ausgeschlossen bleibt, obschon bruchlose Deformation eingetreten ist. Einige Beispiele der letzteren Art:

Digitized by Google

Der schwarze tonfreie Malmkalk an der Windgälle, im Meyental etc. ist lineargestreckt — wie die eingeschlossenen Belemniten messen lassen auf 2- bis 10fache Länge. Lösungsumsatz hat die Lücken zwischen den wegen ihrer hohen Sprödigkeit und Querfaserung auseinandergerissenen kleinen Belemnitenstücken als Stellen geringsten Druckes mit weissem Calcit ausgefüllt. Das intensiv linear gestreckte Gestein aber hat keinerlei Strukturveränderung erfahren, wie sie mit Lösungsumsatz verbunden sein müsste, wohl aber sind alle kleinsten Calcitkörnchen etwas gestreckt, ohne irgend eine kristallographische Orientierung zu erhalten. Die feine Pigmentverteilung ist unverändert, das gestreckte dichte Kalkgestein ist dunkel blaugrau geblieben. Da sehen wir nebeneinander: 1. In geringen Mengen das Produkt des Lösungsumsatzes an den Stellen geringsten Druckes zwischen den Belemnitenstücken als weisse Calcitmasse und 2. die ganze Masse des einschliessenden Gesteines mechanisch gestreckt, also in der Textur verändert, aber ohne irgend eine Struktur- oder Farb-Veränderung. Ganz genau so verhält sich die Linearstreckung im Malmkalk der Windgälle mit zerrissenen Seeigelstacheln.

Die Mikrostruktur des von Adams und Nicolson [1]) experimentel erhaltenen deformierten feinkörnigen Marmors stimmt auffallend genau überein mit der Mikrostruktur des gestreckten Kalksteines von Fernigen. Die Umformung geschah dort ganz trocken unter hohem Druck, das einemal bei 300° in 124 Tagen, das andere Mal bei 400° in 8½ Stunden. Das deformierte Gestein hatte beinahe unverändert die gleiche rückwirkende Festigkeit wie das ursprüngliche, in einem Experiment war es sogar noch fester geworden. Die im ursprünglichen, massigen Gestein in allen Richtungen gleichdimensionierten Calcitkörnchen waren nun stark flachgequetscht, manchmal dazu noch gebogen und stark verzwillingt. Die abgeflachten Körner erzeugten eine Schieferung in der Richtung ihrer grössten Ausdehnung, aber von Kataklasstruktur, Mörtelstruktur war keine Spur vorhanden. Die individuellen Körner verhielten sich als plastische Körper!

Die Versuchsbedingungen bei Adams und Nicolson entsprechen genau den von der Theorie geforderten Bedingungen. Durch diese prachtvollen Versuche ist die bruchlose mechanische Deformation von sprödem tonfreiem kristallinischem Kalkstein (Marmor) ohne Lösungsumsatz, trocken bei allseitiger Pressung höher als die rückwirkende Festigkeit tatsächlich bewiesen. Was für ein weiterer Beweis

[1]) Adams und Nicolson „An Experiment into the Flow of Marble, Philos. Trans-A. vol. 195, S. 363 etc.

Digitized by Google

ist denn noch notwendig? Bereits ist ähnliches auch mit granitischen Gesteinen mehr oder weniger gelungen. Die plastische Gesteinsumformung unter hohem Druck steht als experimentelle Tatsache vor uns!

Auch da kann man sagen: In der Natur war aber etwas Wasser dabei und das wird nicht untätig geblieben sein. Im Adams'schen Versuche hat die Feuchtigkeit aber die Deformation nicht erleichtert. Die Möglichkeit der bruchlosen trockenen plastischen Umformung ist bewiesen!

Ganz entsprechende Erscheinungen haben sich bei den Experimenten von Tammann [1]) über die Ausflussgeschwindigkeit kristallisierter Stoffe unter Druck und erhöhter Temperatur aus engen Öffnungen ergeben. Er kommt zu dem Schlusse, dass „Fliessen nicht durch vorangegangene Schmelzung bedingt ist, sondern dass die Plastizität, die reziproke innere Reibung, eine den Kristallen eigentümliche Eigenschaft ist. Sie wächst schnell mit der deformierenden Kraft und der Temperatur". Auch da war Lösungsumsatz nicht im Spiele, es wurde mit trockenen Substanzen experimentiert. Übrigens haben auch schon die Versuche von Tresca die Plastizität kristalliner Stoffe unter Druck bewiesen.

Doch wieder zu den Beobachtungen im Gebirge zurück: Sehr häufig sahen wir in dichten tonhaltigen wie tonfreien Kalksteinen, in Kieselkalken, Dolomiten und anderen Gesteinen prachtvolle feine auch unter dem Mikroskop völlig bruchlose Fältelungen ohne jede Kataklase, ohne strukturelle Veränderung des Kalksteingewebes, mit der doch Lösungsumsatz notwendig verbunden sein müsste. An den Schichtschenkeln sind die Calcitkörner ohne Brüche parallel der Schicht manchmal deutlich abgeflacht, im Umbiegungsknie liegt ihre grösste Dimension quer zur Schicht, d. h. in der Axialebene der Falte, wie es die Theorie verlangt. So ist es z. B. stellenweise zu sehen im schwarzen, fein gefältelten tonfreien Malmkalk vom Pfaffenkopf, im Malmkalk vom Selbsanft, Windgälle, Grindelwaldgletscher, im Seewerkalk am Klausen, im Dolomit des Aversertales etc. Im Seewerkalk des verkehrten Mittelschenkels, der unter der ganzen Säntisgruppe am Risipass [2]) liegt, finden wir im Dünnschliff in den gequetschten Teilen der Kalklinsen die sonst runden Durchschnitte von Foraminiferen mehr und mehr flach elliptisch gepresst. Dennoch

[1]) Tammann, Kristallisieren und Schmelzen, Beitrag zur Lehre der Änderungen des Aggregatszustandes, 1903, S. 180 etc.

[2]) Arnold Heim, „Beiträge z. Geol. d. Schweiz", neue Folge XVI. S. 469 etc. und Atlas Taf. XLI, Fig. 2, 3 und 4.

Digitized by Google

sind die feinstkörnige Struktur des sehr dichten und festen umgebenden Kalksteines und die Sekretionsstruktur der Steinkerne unverändert geblieben, und die Foraminiferenschale hat ihre scharfe Umgrenzung und die feinfaserige Radialstruktur behalten. Wenn auch ganz schief gedrückt, ist doch noch im polarisierten Licht das dunkle Axenkreuz der sphärischen Aggregation in den Schalendurchschnitten erhalten geblieben. Jeder Lösungsumsatz hätte bei so starker Deformation solche Strukturfeinheiten verwischt und alles mehr oder weniger ähnlich marmorisiert. Das ist plastische Deformation ohne Lösungsumsatz! An gleichem Orte, manchmal sogar im gleichen Handstück, finden sich andere Stellen, wo die Umformung noch weiter geht. Da verschwinden dann die Foraminiferen und Gestein wie Foraminiferen und Steinkerne derselben werden aufgezehrt in farblosen Calcitfasern, die in der Streckungsrichtung liegen. Da hat sich nun nach aller Wahrscheinlichkeit Lösungsumsatz eingestellt. Von freiem Auge lassen sich diese calcitfaserigen Stellen stets daran erkennen, dass die graue Gesteinsfarbe verschwunden, das Gestein weiss geworden ist, während an der Grenze des Lösungsumsatzes sich als Resultat der Entmischung durch Lösungsumsatz tonige Pigmenthäute ausgeschieden haben. Also auch hier lässt sich ganz scharf rein mechanisch plastische Umformung von Umformung unter Mithülfe des Lösungsumsatzes unterscheiden, und die erstere hat tatsächlich stattgefunden, die letztere erscheint in diesem Falle als Steigerung der ersteren.

Und wenn ich die Schwämme, Ammoniten und das einschliessende Gestein der Schiltkalke vom Bützistöckli ohne jede Kataklase und ohne jene an Sekretion erinnernde Änderung in der Mikrostruktur oder der Farbe auf 2- bis 12fache Länge stenglig ausgezogen finde, so kann ich für solche Fälle nicht auf Lösungsumsatz, nicht auf eine indirekte Plastizität abstellen.

In den Gebirgen finden wir die Gesteinsschichten oder Schieferplatten bei allen möglichen Gesteinsarten an scharf umgebogenen Stellen immer verdickt, an den Faltenschenkeln dagegen immer verdünnt, oft auf die Hälfte oder einen noch viel kleineren Bruchteil. Die Dickendifferenz der Schichten zwischen Schenkel und Umbiegungsstelle beweist direkt, dass eine innere Verschiebung der Teilchen, ein Strömen, ein „Flow“ oder „Flowage“ vom gequetschten Schenkel nach der benachbarten Umbiegungsstelle hin stattgefunden hat. Die mikroskopische Untersuchung zeigt oft ausser etwas stärkerer Abflachung der Mineralkörner nicht die geringste Strukturdifferenz von Schenkel und Knie. Dagegen finden wir häufiger feinste innere kurze Gleitflächen parallel der Axialebene der Umbiegung, die ganze Masse durchsetzend, in den Schenkeln schief, an der Umbiegung zur Schicht-

Digitized by Google

fuge quer gestellt und bis zu gezahntem Verlauf der Schichtfugen an der Umbiegungsstelle sich steigernd. Sie äussern sich in einer schwachen Spaltbarkeit. Sie sind entstanden durch das aneinander Vorbeigleiten der feinsten Teilchen, der Kristallkörner oder Teile derselben ohne Aufheben des Zusammenhangs, sie können sich zum deutlichen Clivage[1]) entwickeln. Lösungsbewegung kann sie nicht erzeugt haben, nur Bewegung von Festem an Festem. Sie sind Mikrogleitflächen. Bei etwas Tongehalt des Kalksteines oder Dolomites werden die Mikrogleitflächen rasch an Ausbildung und Deutlichkeit zunehmen, das Clivage wird mehr und mehr ausgeprägt und bei wirklichen Tongesteinen von grösster Vollkommenheit.

Diese Art der rein mechanischen plastischen Umformung ohne Lösungsumsatz und ohne Dislokationsbreccien anerkennen auch diejenigen Forscher, welche, wie Becke und Grubenmann, dem Lösungsumsatz noch weit umfassendere Herrschaft bei der Dislokationsmetamorphose zuschreiben, als ich es zu tun vermag. Das ist aber auch diejenige Art der Umformung unter Druck, an welche ich ursprünglich stets am meisten gedacht habe, deren Urbilder Wachs, Paraffin, Modellierton, Plastilina sind, von deren Verhalten ich deshalb auch das Wort „plastisch" entlehnt habe. Das Wesentliche liegt darin, dass die Teilchen unter Druck sich verschieben ohne ihre Attraktionssphären zu verlassen, also ohne den Zusammenhang zu verlieren. Es ist eine innerliche Verschiebung ohne Zerbrechen, ohne Zerstören der Festigkeit. Ob dabei die einzelnen Teilchen ganz klein seien, ob sie wie beim Lösungsumsatz Moleküle seien, oder ob es mechanische Einheiten sind, die unter dem Mikroskop wahrgenommen werden können, hat für die Deformation der Gesteine keine wesentliche Bedeutung. Auch im gepressten Wachs und Ton zeigt sich oft Clivage, im gepressten Thon besonders nach dem Brennen. Wie bei dem gepressten Gestein, so ist auch da die Ausbildung von Clivage oder Fluidaltextur um so feiner und versteckter, je homogener das ursprüngliche Material war. Auch bei Pressen von Wachs und Töpferton gleiten die kleinsten Teilchen übereinander wie in einer Flüssigkeit die Moleküle, aber zum Unterschied von der Flüssigkeit bleiben die Spuren des Gleitens, des Flowage als Clivage. Dass beim Töpferton Wasser die Bewegung der Teilchen gewissermassen schmiert, Wachs dagegen in sich allein plastisch ist, ist für den Vergleich im Verhalten bei der De-

[1]) Becker: „Experiments on Shistosity and Slaty cleavage" Un. States Geol. Survey, Bulletin Nr. 241. Harker „On Slaty Cleavage and allied Rock-Structures with special reference to the mechanical Theories of their Origin" (Report of the British Association for 1885, pp. 813—852), enthält sehr viele Literaturnachweise.

Digitized by Google

formation unwesentlich. Und nun sollte die Faltung mit Verdünnung der Schenkel und mit Verdickung der Umbiegungsstellen ohne Strukturveränderung und manchmal sogar ohne merkbare Texturveränderung nicht **plastische Umformung** genannt werden dürfen? Frage: Worin unterscheidet sie sich von derjenigen von Töpferton oder Wachs, von der wir den Begriff genommen haben? Antwort: Einzig darin, dass das Gestein nicht schon an freier Luft diese Eigenschaften der Plastizität besitzt, sondern dieselben — und das ist eigentlich meine ganze Theorie — erst in allseitiger Pressung eingeschlossen, d. h. unter Überlastung annimmt. Überlastung gibt dem Gestein die Eigenschaften eines plastischen Körpers, macht es, wie ich mich 1878 auszudrücken gewagt hatte, „latent plastisch". Ich sollte denken, das wäre nicht so schwer zu erfassen.

Wir verlangten von der bruchlosen plastischen Umformung niemals mehr als von der Plastizität von Wachs, Paraffin, Modellierton oder Plastilina und doch wissen wir jetzt, dass sie manchmal noch darüber hinausgeht, indem — im Fernigerkalk, Windgällenkalk etc. etc. und in den Experimenten von Tammann, Rinne, Adams — sogar das mikroskopische individuelle Kristallkorn sich plastisch homogen deformiert! Und nun will man noch die plastische Umformung ableugnen!

Sogar Weinschenk [1]) gibt die plastische Umformung für Kalkstein und Marmor zu, sonderbarer Weise aber einzig und allein für dieses Gestein, das Übrige fertigt er mit dem Worte „undenkbar" ab. Es gibt aber noch viel plastischere Gesteine wie Mergel, Tonschiefer etc. A. v. Koenen hat bruchlose (plastische) Biegung im Steinsalz, Zimmermann im devonischen Kieselschiefer gefunden — das mögen Endglieder der Reihe sein, in welcher der Kalkstein und manche andere Gesteine in der Mitte stehen. Wo dagegen nicht nur innere Bewegung ohne Zerbrechen, sondern noch dazu Lösungsumsatz mehr oder weniger mit ins Spiel tritt, treffen wir vielfach als erstes Anzeichen auf den Schichtfugen der Umbiegungsstellen Auskristallisationen von Calcit, Quarz, eventuell noch andere Mineralien, während solche auf den Schichtfugen der Schenkel fehlen. Gewinnt der Lösungsumsatz an Bedeutung für die Umformung, so greift Hand in Hand damit die Umkristallisation auch in die Schicht selbst mehr und mehr hinein, der Kalkstein „vercalcitet", womit ich freilich nicht zugestanden haben möchte, dass alle Marmorisierung Lösungs-

[1]) Weinschenk „Über die Plastizität der Gesteine", Zentralblatt für Min. Geol. u. Pat., 1902. S. 161—171.

Digitized by Google

umsatz sei. Bei diesen Mischformen von plastischer Umformung auf rein mechanischem Wege und plastischer Umformung mit Lösungsumsatz tritt uns meistens das Moment sehr deutlich vor Augen, dass die ursprünglichen Färbemittel des Gesteines vom Lösungsumsatz nicht in gleicher Weise bewegt werden, wie der andere Teil der Gesteinsmasse. Das durch Lösungsumsatz Bewegte ist meistens reiner als das Ursprüngliche, es ändert die Farbe, der Farbstoff verschwindet oder häuft sich im Rückstande in Häuten und Schlieren an. Lösungsumsatz erzeugt also meistens Strukturänderung mit Farbänderung.

Den ersten Fall, an welchem ich 1875 erkannt hatte, dass die Dislokations-Deformation der Gesteine auch tiefer greifende Ummineralisationen erzeugt haben kann, bot mir der Eisenoolith des Dogger aus dem Mittelschenkel der Windgällenfalte[1]). Ich kann das merkwürdige mikroskopische Bild dieses Gesteins auch heute noch durchaus nicht mit wässerigem Lösungsumsatz in Beziehung bringen. Die Neubildungen, z. B. die Magnetitkriställchen sind nicht etwa an den Stellen geringsten Druckes, z. B. den Rändern der zu Linsen gequetschten Oolithkörner angehäuft, sondern annähernd gleichartig durch die ganze Masse eingestreut, an Sekretionen erinnernde Lagerung von Neubildungen sind nicht zu finden. Die flachgequetschten Linsen haben meistens ihre konzentrische Schichtung in Flachlinsenform bewahrt. Eine ganze Menge dislokationsmetamorph ummineralisierter Gesteine machen mir unter dem Mikroskop denselben Eindruck. Mir scheint, die festen Substanzen seien hier unter Druck und bei hoher Temperatur ohne Lösungstransport direkt in Umsatz und Umkristallisation im Sinne der Volumverminderung getreten.

Ich bin auch nicht der Einzige, der diese Überzeugung aus den mikroskopischen Beobachtungen geschöpft hat. Man findet bei verschiedenen Autoren Stellen, die mehr oder weniger deutlich gleiche Überzeugung verraten. In E. Haug Traité de Geologie 1907, I. Seite 235 heisst es: „Il est incontestable dès lors que la seule pression a dû, dans certaines conditions, favoriser la production de silicates calcaires et de silicates alumineux cristallisés aux dépens de mélanges d'argile et de calcaire".

Lassen wir es jetzt der Beispiele und der Erörterungen und Zitationen genug sein. Mir scheint, es sei eine den Beobachtungen

---

[1]) „Mechanismus der Gebirgsbildung" II. S. 99: „hier erscheint ein Metamorphismus als die Folge rein mechanischer Umstände und Vorgänge, als eine höchste Potenz der mechanischen Umformung, die verändernd bis in das Molekül greift". Verglichen auch ebendaselbst II. S. 62.

Digitized by Google

nicht entsprechende Hypothese, alle bruchlose Deformation und alle Dislokationsmetamorphose als durch Lösungsumsatz zu Stande gebracht erklären zu wollen. Seitdem die Chemiker und Physiker von Lösungen fester Substanzen in einander sprechen, dürfen wir auch als Geologen an solche Vorgänge denken.

Ich wiederhole: Mehr oder weniger Lösungsumsatz ist für meine Theorie der Gesteinsumformung bei der Gebirgsbildung keine Lebensfrage. Vielmehr ist der Lösungsumsatz eine Erleichterung für die feinste plastische Umformung von Molekül zu Molekül in textureller wie struktureller und besonders in mineralisatorischer Hinsicht, wenn dieselbe erst durch grossen Belastungsdruck möglich und durch Dislokation notwendig geworden ist.

Eine indirekte Bestätigung meiner Theorie der Gesteinsumformung bei der Gebirgsbildung hat auch die neuere Auffassung der Deckenfalten in den Alpen dadurch gebracht, dass die Verteilung der erst mehr durch Bruch vermittelten und dann mehr und mehr bruchlosen Umformungen nun viel deutlicher zu beurteilen ist und mit der Belastung, unter welcher die Deformation eingetreten ist, in Übereinstimmung steht. Die schönsten bruchlosen Umformungen aller Art finden wir im Autochthonen, das unter der ganzen Last der Decken sich faltete, und sodann noch in den tiefsten Decken. Nach den höheren Decken erscheinen die Umformungen unter allen Arten des inneren Zerbrechens. In den obersten Decken ist Bruchverschiebung sehr gewöhnlich, Faltung spärlicher. Darauf beruht zum Teil die tektonische Differenz in Ostalpen und Westalpen. Weil beim Überschieben der Decken die Umformbarkeit mit der Tiefe zugenommen hat, treffen wir die tieferen Decken stärker deformiert, die höheren aber steifer, spröder und zugleich rascher über der plastischen Unterlage bewegt.

Ebenso betrachte ich die Aufstellung von Gesteinstiefenzonen in den kristallinen Schiefern (Sederholm, Van Hise, Becke, Grubenmann) als eine Bestätigung unserer Theorie der Gesteinsumformung. Die Ummineralisationen nehmen mit der Überlastungsmasse zu, wobei die Überlastung allerdings ebensosehr als Erwärmer wie als Presse gewirkt haben muss. Ob dabei trockene rein mechanische Drucklösung und Ausscheidung stattgefunden habe, oder ob Durchfeuchtung und wässeriger Lösungsumsatz die Hauptsache besorgt hat, ändert nichts an der Erkenntnis von der Bedeutung der Überlastung.

Digitized by Google

Vor dreissig Jahren habe ich noch kaum daran zu denken gewagt, dass ein enorm stenglig ausgequetschter Gneiss ursprünglich ein massiger Granit gewesen sein könnte. Wenn ein solches Material auf z. B. ein Vierteil der ursprünglichen Dicke und auf die vierfache Länge deformiert ist, und dabei ausgeprägte Lineartextur erhalten hat, aber festes, zusammenhängendes Gestein geblieben ist, nicht in Brocken, nicht in eine Breccie sich umgewandelt hat, so muss ich das als Ganzes eine plastische Gesteinsumformung nennen. Dass dabei die einzelnen Elemente des Gesteines sich verschieden verhalten haben, ob z. B. der Quarz feintrümmerig zerquetscht, der Feldspath zum Teil Lösungsumsatz erfahren hat, zum Teil dabei in Sericit umgewandelt ist und wenn Sericit und Glimmer vorherrschend nach Gleitflächen sich bewegt haben, so ändert das an der Tatsache nichts, dass das Gestein umgeformt ist, **ohne als Gestein zu zerbrechen.** Hätte die Dislokation hier nicht ein Gestein erfasst, das schon vorher über seine rückwirkende Gesteinsfestigkeit belastet, d. h. in latent plastischem Zustand sich befunden hätte, so wäre diese Deformation gar nicht zu Stande gekommen. Man muss nicht von jeder Gesteinsdeformation verlangen, dass sie zugleich auch alle Einzelelemente des Gesteines in gleich tadelloser Weise bruchlos umforme. Gesteinsdeformation und Mineraldeformation brauchen nicht identifiziert zu werden.

Ein recht sprödes und zugleich festes Mineral wird überhaupt sogar bei einer allseitigen Belastung viel höher als seine Druckfestigkeit doch noch unplastisch ganz bleiben oder splittrig brechen, dann nämlich, wenn es eingebettet liegt in einer Mineralmasse von geringerer Druckfestigkeit. Die letztere dringt dann in die Druckrisse des spröden Minerals ein oder umfliesst dasselbe, sie übernimmt die Hauptmasse der Deformation. Die verschiedenen Mineralien helfen sich jedes nach seinen Fähigkeiten die Deformation des Gesteines zu ermöglichen. Kataklastische Struktur einzig der Quarzkörner eines Gesteines ist deshalb gar kein Anzeichen dafür, dass das Gestein als Ganzes nicht plastisch deformiert sei. Das Gestein ist nicht zertrümmert, nur seine Quarzkörner. Die Quarzkörner verhalten sich da oft ähnlich wie die Belemniten oder Seeigelstacheln im gestreckten Malmkalk. Übrigens beweist schon jede undulöse Auslöschung in einem Quarzkorn eine gewisse plastische Deformation desselben.

Gebirgsdeformation, Gesteinsdeformation und Mineraldeformation sind zu unterscheiden. Eine Gebirgsdeformation kann eintreten, ohne dass das Gestein in seinem petrographischen Charakter verändert wird wie z. B. im Tunnel bei Steinschlägen oder



Digitized by Google

durch schon vorhandene Bruchflächen an druckhaften Stellen, im Gebirge durch zahlreiche Brüche, wie z. B. die horizontalen Transversalbrüche des Säntisgebirges etc. etc. Eine Gesteinsdeformation schliesst immer eine Deformation des Gebirges, dessen Glied dieses Gestein ist, in sich. Sie ist eine höhere, eindringlichere Art der Umformung, welche auch grössere Druckkräfte verlangt. Sie kann durch Bruch oder bruchlos eintreten. Die Mineraldeformation ist die tiefst greifende Dislokationsmetamorphose. Keine Mineraldeformation ohne Deformation des Gesteines, dem das Mineralkorn angehört. Nicht jede Gebirgsdeformation bedingt auch Gesteinsdeformation. Nicht jede Gesteinsdeformation bedingt auch Mineraldeformation, wohl aber umgekehrt. Es handelt sich um bloss graduelle Unterschiede infolge des Betrages der Belastung und des Dislokationsdruckes im Verhältnis zur Festigkeit des Gebirges, des Gesteines oder der Mineralien.

Gerölle vieler Gesteine, besonders Quarzitgerölle zu flachen Linsen gedrückt, haben die Skandinavier, vor Allen Reusch [1]), längst beschrieben; aus Schottland kennen wir sie von Geikie etc. Plastische Deformation von Quarzkörnern in Gesteinen ist von Milch beschrieben worden [2]) etc.

Dislokation ohne Belastung ergäbe nur einen Trümmerhaufen, keine Falte, keine Streckung, keine Knetstruktur, kein Clivage, keine deformierten Petrefakten. Ohne die Belastung als erste Bedingung würde kein Lösungsumsatz im Sinne der Ausbildung der dichteren Mineralien hervorgerufen. **Belastungsdruck über die Festigkeit hinaus und Dislokation** sind die Hauptursachen, Wärme, Lösungsumsatz, Zwillingsbildung, Ausbildung von Gleitmineralien sind erleichternde Hülfsmittel der Gesteinsumformung bei der Gebirgsbildung.

Diejenigen Forscher, welche Experimente gemacht haben, haben sich oft am besten in das Problem vertieft. Ich erinnere an die Experimente von Kick, Rinne, Adams und Nicolson, Daubré, Tresca, Becker, Löwinson-Lessing, Tammann, Spring, Auerbach etc. Ich hatte die Herstellung der nach der Theorie richtigen Bedingungen für die Experimente für sehr schwierig dargetan [3]) und hatte selbst,

---

[1]) Hans Reusch in „Silur fossiler og pressede Conglomerater i Bergenskifrene" Universitätsprogramm 1883, Christiania.

[2]) „Über dynamometam. Erscheinungen an einem nordischen Granitgneiss", N. Jahrbuch 1900, Bd. II. „Über homogene Deformation von Quarz und Piezokristallisation", Zentralblatt 1904, S. 181—190.

[3]) Zeitschrift der Deutsch. Geol. Ges. 1880, S. 262—299.

Digitized by Google

offen gestanden, keine Hoffnung in das Gelingen derselben. Tatsächlich ist nun aber doch die plastische Umformung im Experimente nicht nur für Metalle, sondern auch für unmettallische kristallinische Mineralien und Gesteine gelungen und zwar für Steinsalz und andere Salze, für Flussspath, Kalkspath, Kalkstein und Marmor. Unter den gebirgsgefalteten Sedimentgesteinen gehören aber gerade Kalkstein und Marmor zu den (ohne Fassung in allseitigen Druck) sprödesten, splittrigsten. Andere, wie Kieselschiefer sind fester, aber kaum splittriger. Trescas Experimente beweisen überhaupt die Plastizität kristalliner Stoffe unter hohem Druck und lassen alle Differenzen nur noch als graduel erscheinen. Tammanns Experimente zeigen, dass die innere Reibung mit dem Druck allgemein abnimmt, die Plastizität zunimmt, selbst bei sehr spröden Körpern. Immer noch enthalten die Versuche Unvollkommenheiten, besonders im absolut dichten Umschliessen des umzuformenden Stückes mit einem Material mindestens gleicher oder grösserer Druckfestigkeit. Die Erfolge sind deshalb für bruchlose Umformung noch nicht für alle Gesteine durchschlagend. Rinne hat sehr interessante Umformungen mit teilweisem Bruch, Zermalmungszonen etc. erhalten, dadurch, dass er Marmor in Alaunschmelze einschloss, welch letztere eben für bruchlose Umformung des Marmors nicht druckfest genug ist. Er hat so Deformationen erhalten, wie wir sie auch so oft in den Gebirgen treffen. Die Resultate der Experimente überhaupt sind schon heute der Art, dass es wohl keinem Zweifel mehr unterliegt, dass es noch gelingen wird, selbst sehr spröde körnige Gesteine plastisch umzuformen oder wie Kick sich ausgedrückt hat, zu prägen, in alle die Texturen, in denen wir sie in den Gebirgen finden. Die erfolgreichsten Experimentatoren, wie besonders Adams und Rinne, haben genaue Anpassung an die von mir theoretisch verlangten Versuchsbedingungen angestrebt: Druck allseitig bedeutend grösser als die rückwirkende Festigkeit, dazu ein nicht allseitiger Deformationsüberdruck oder mit andern Worten: Minimalste Pressung in der Ausweichungsrichtung immer noch grösser als die rückwirkende Festigkeit. Bei allen den Versuchen hat sich deutlich ergeben, dass sie auch bei Körpern schwierigen Verhaltens ein um so besseres Resultat erzielt haben, je näher sie diese Bedingungen für Plastizität zu erreichen vermocht haben. Im Besonderen haben die Resultate der Versuche mich dadurch überrascht, dass die Deformationen in so kurzer Zeit erlangt worden sind. Keiner der Experimentierenden hat einer zu erzielenden Deformation auch nur ein volles Jahr Zeit zur Ausbildung gelassen, meist musste es in wenigen Stunden geschehen sein, höchstens in 124 Tagen! Ich hoffe, dass meine ver-

Digitized by Google

ehrten Kollegen, die in der Lage sind, in dieser Art zu experimentieren, ihre Experimente fortsetzen werden.

Schon das heute Vorliegende ist ein **vollgültiger Beweis** dafür, dass unter allseitig hohem Drucke tatsächlich plastische Umformungsfähigkeit eintritt, dass also meine Theorie der mechanischen Gesteinsdeformation bei der Gebirgsbildung **richtig** ist.

Viele Beobachter haben in den letzten 25 Jahren Fälle von Gesteinsumformung gefunden und diskutiert. Dabei schien es manchmal, als ob alle diese Dinge nur dazu da wären, um meine Theorie der Deformation kritisieren zu müssen und einzelne Kritiker sahen ob den einzelnen Bäumen den Wald nicht mehr und blieben an kleinen Missverständnissen hängen. Eine ganze Anzahl — die Engländer nicht — stolpern an den Ausdrücken „hydrostatische Druckverteilung" oder „latente Plastizität". Sie konstruieren sich die sonderbarsten Schwierigkeiten aus diesen Worten heraus, während sie daneben die Sache bestätigen, ohne es zu merken. Noch neuestens konstatiert Steinmann [1]) „bruchlose Umformung", „Knetstruktur" an dichtem Kalkstein, „bruchlose Biegung und Ausdünnung", spricht von „mechanisch verschweisst" (S. 346) und bildet bruchlos umgeformte und dabei strukturell unveränderte Kalksteinschichten ab. Dann fährt er aber fort: „Schliesslich will ich noch hervorheben, dass meiner Ansicht nach weder die Struktur des Iberger Mischgesteins noch die des Lochseitenkalks zu der Annahme berechtigen, dass sich diese Gesteinsmassen in einem durch ungeheuren Druck hervorgerufenen latent-plastischen Zustande befunden hätten. Für diese Vorstellung habe ich bisher überhaupt weder an sedimentären noch an kristallinen Gesteinen Anhaltspunkte entdecken können." Allein jede bruchlose Umformung, wie sie Steinmann und viele andere konstatiert haben, ist ja der Beweis dafür, dass das Gestein zur Zeit der Umformung in druckplastischem Zustand tatsächlich gewesen sein muss. Bruchlose Umformung ist hervorgegangen aus plastischem Verhalten und beweist ganz unabänderlich einen latent-plastischen Zustand, der die Umformung durch Dislokation vorbereitet hat. Oder was sonderbares, mir ganz unerfindliches stellt man sich denn vor unter dieser von mir als Erklärung der bruchlosen Umformung angenommenen Plastizität? Ich sage ja im Prinzip nicht viel anderes, als: weil, wie wir die fertige Tatsache vor uns sehen, ein Gestein bruchlos umgeformt worden ist, so musste es pla-

[1]) Neues Jahrbuch, Festband 1907, S. 340 und 341.

Digitized by Google

stisch gewesen sein. Als theoretisch kann man erst meinen weiteren Satz bezeichnen: Der Überlastungsdruck war die Ursache dieser Plastizität[1]).

Ein anderer Fehlschluss tritt mir hie und da aus gelegentlichen abweisenden Bemerkungen anderer Forscher entgegen: In einer zur schönen scharfen Falte gebogenen Schicht finden sich einige Risschen, einige Sekretionsäderchen, oder einige einzelne Mineralkörner sind gebrochen. Dies wird nun dahin gedeutet, es handle sich da nicht um bruchlose (= plastische) Umformung, es gebe keine bruchlose Deformation, wenn man genau zusehe. Sie übersehen, dass die bruchfreien Zwischenstücke doch deformiert sind und die paar

[1]) In der zitierten Arbeit will Steinmann seinen Iberger Seewerkalk und den Lochseitenkalk als ein mechanisches Mischgestein darstellen. Ich gebe zu, dass es solche Mischgesteine gibt. Bei seinem Iberger-Gestein würde ich aber eher an die etwas verkneteten Übergangsregionen von Seewerkalk in Senonschiefer denken, wo primär stratigraphisch dünne Schichtchen von Kalk und Ton wechseln, und beim Lochseitenkalk verhält sich die Sache nicht so, wie Steinmann auf Grundlage einiger weniger chemischer Bestimmungen annimmt. Es gibt Stellen, wo Flysch und Malmkalk in grossen Formen verknetet sind. Im einzelnen ist man aber fast niemals im Zweifel, mit welchem der beiden gut geschiedenen Gesteine man es zu tun hat. Die alte Pfaffsche Bestimmung auf 46 % unlöslicher Substanz, die Steinmann als Beweis für die Verknetung von Lochseitenkalk mit Flysch zitiert, bezieht sich gar nicht auf Lochseitenkalk, sondern auf ein Stück Flyschmergel, den Pfaff für Lochseitenkalk genommen hat. Sodann wird vergessen, dass zwar allerdings die kompakten Malmkalkbänke, abgesehen von den häufigen Kieselkonkretionen, keine 2 % unlösliche Substanz enthalten, dass aber in manchen Regionen mit den Kalkbänken Mergelbänke wechsellagern. Diese Mergelbänke des Malm sind im Lochseitenkalk mit reinen Kalkbänken verknetet und insofern stellt er eine Knetmischung dar. Der durchschnittliche Gehalt an Unlöslichem beim normalen Malmkalk liegt nicht so niedrig. Wenn wir in 13 Proben Lochseitenkalk von 9 verschiedenen Lokalitäten des Sernftgebietes gemischt untersucht 10,21 % Unlösliches gefunden haben, so wird das mit dem gewöhnlichen Malmdurchschnitt übereinstimmen. Früher hatte ich einzelne Bestimmungen von Lochseitenkalk unter 4 %. Bei der, wenn auch sehr unregelmässigen, aber doch dabei meistens ganz scharfen Grenze zwischen Lochseitenkalk und Flysch, und nicht auffällig mehr unlöslichem Rückstand, als er dem Durchschnitt des Malmes entspricht, kann ich nicht an eine wesentliche Mischung mit Flysch denken. Auch da, wo, wie z. B. an der Setherfurca, am Kalkstöckli etc. der Röthidolomit „lochseitisiert" ist, ist er nicht mit dem Malmkalk zu einem Mischgestein verknetet, sondern die zackige Grenzlinie ist besonders auf der angewitterten Fläche scharf zu verfolgen. Der Lochseitenkalk hat deshalb mehr flaserige Knetstruktur und nicht bloss homogene Marmorisierung erfahren, weil er nicht nur gepresst und wenig bewegt worden ist, sondern weil er zwischen zwei verschieden gestellten und sehr verschieden festen und zugleich weithin relativ sich bewegenden Gebirgsmassen eingeklemmt und dabei zerrissen, in Riebeln gedreht und verwalzt worden ist. Der Lochseitenkalk gehört übrigens nicht zu den bruchlos rein mechanisch deformierten Gesteinen; er enthält ausser bruchloser Krümmung seiner Fluidalfasern eine Masse mikroskopischer Brüche und deutliche Spuren von Lösungsumsatz. Der Lochseitenkalk enthält vielleicht noch den tithonischen Zementstein, möglicherweise an einzelnen Stellen etwas Kreide und etwas Flysch, er ist aber im Ganzen durchaus kein Mischgestein von Malmkalk und Flysch, sondern meistens nur Malmkalk.

Digitized by Google

makroskopisch oder mikroskopisch auffindbaren Brüche, wenn man sie sich wieder weg und die Massen um die Bruchdislokation in ursprünglichere Lage zurückversetzt denkt, nicht ausreichen, auch nur einen kleinen Bruchteil der tatsächlichen Umformung, Biegung etc. zu erklären. Der grössere Teil hat sich bruchlos vollzogen, wie es nur unter allseitigem Druckeinschluss, aber nicht an freier Luft möglich gewesen ist. In manchen solcher Fälle können zudem die beiden verschiedenen Arten der Umformung zu ungleicher Zeit unter veränderten Umständen eingetreten sein.

Bei Schmidt findet sich S. 61 der Satz: „Dass die mechanischen Deduktionen von A. Heim theoretisch einwandfrei sind, kann kaum bestritten werden. Wir stellen nur in Abrede, dass die Anwendungen derselben . . . . . so schematisch einfach durchgeführt werden dürfen, wie A. Heim das tut". Ich bin freudig überrascht und dankbar, mitten zwischen der abweisenden Kritik plötzlich auf das unumwundene Geständnis zu treffen, dass Schmidt meine Theorie für „einwandfrei" hält. Wenn sie aber einwandfrei ist, so darf sie auch angewendet werden. Dann bleibt nur noch der Vorwurf, dass ich dabei „schematisch einfach" vorgegangen sei. Ob dieser Vorwurf berechtigt sei, überlasse ich denjenigen zu beurteilen, welche meine einschlägigen Arbeiten studiert haben[1]). Ich habe vielmehr den Eindruck, dass diejenigen, welche meiner Auffassung nicht beistimmen können, die Dinge zu „schematisch einfach" nehmen, während meine Theorie selbst auf die unendliche Mannigfaltigkeit und Individualisierung der Erscheinungen, wie wir sie in der Natur finden, einzugehen vermag und sie von einem zentralen Gesichtspunkt aus verständlich macht.

Meine Fachgenossen, auch diejenigen, welche meine Erklärungen der Deformationen durch Druckplastizität ablehnen zu müssen glauben,

---

[1]) „Mechanismus der Gebirgsbildung . . . .", Band II, bei Benno Schwabe, Basel 1878.

„Zum Mechanismus der Gebirgsbildung", Zeitschrift der Deutschen Geolog. Gesellschaft, Jahrg. 1880, S. 262–299.

Gelegentlich manche bezügliche Beobachtung in „Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, Lfg. XXV, Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein", 1891.

„Stauungsmetamorphose an Walliser-Anthracit und einige Folgerungen daraus", Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. Zürich, Jubelband 1896.

„Gneissfältelung in alpinem Zentralmassiv, ein Beitrag zur Kenntnis der Stauungsmetamorphose", Vierteljahrsschrift der Zürcher naturf. Ges., 1900, (als „Nachlese Nr. 12").

„Tunnelbau und Gebirgsdruck", Vierteljahrsschrift der Zürcher naturf. Ges.. 1905, (als Nachlese Nr. 14).

Digitized by Google

haben unsere Kenntnis der Gesteinsumformungen vielfach und wesentlich erweitert. Aber bisher hat Niemand meine Erklärung wirklich zu widerlegen oder eine bessere an ihre Stelle zu setzen vermocht. Missverständnisse und Missdeutungen sind keine Widerlegungen. Und aus all dem bereicherten Material von Experimenten und von Beobachtungen in der Natur und am Mikroskop kann ich nur immer wieder Bestätigung der logisch so einfachen Auffassung finden: Belastung über die Gesteinsfestigkeit hinaus macht deformierbar, im Endglied latent plastisch, Dislokation (einseitiger Drucküberschuss) dazu deformiert nach Lagerung, Textur, Struktur und Mineralisation. Wenn auch diese Auffassung, wie ihr vorgeworfen wird, dreissig Jahre alt ist, so muss ich doch an derselben festhalten. Die dreissig Jahre haben viel daran zu rütteln versucht, sie haben sie aber bisher nicht geworfen und nicht ersetzt, sondern erweitert, ergänzt und bestätigt.

## Nachschrift.

Diese „Nachlese Nr. 19“ stand bereits in 2. Korrektur, als Kollege Schmidt mir eine neue Publikation von ihm überreichte:

„Die Geologie des Simplongebirges und des Simplontunnels“, Rektoratsprogramm der Universität Basel für die Jahre 1906 und 1907, Basel, bei Friedr. Reinhardt, Universitäts-Buchdruckerei, 1908.

Die Schrift soll auch noch auf Verlagsweg verbreitet werden. Der Verfasser sprach mir zugleich den Wunsch aus, dass ich mich in meiner Erwiderung auf seine Kritik mehr an diese neue Publikation, als an das halten möchte, was als Gutachten gedruckt worden ist, da diese neue Publikation weitere Verbreitung, als das erstere unter Fachgenossen erhalten werde. Ich trage diesem für mich etwas verspäteten Wunsche durch diese Nachschrift so gut als möglich Rechnung.

Der Abschnitt IV, „Untersuchungen über die Standfestigkeit der Gesteine im Simplontunnel“, Seite 55 bis 93 ist, abgesehen von kleinen Zusätzen oder Weglassungen, wörtlich das Gleiche, was das „Gutachten“ schon enthält, nur ist die Paginierung eine andere und die verschiedenen Teile sind in ihrer Reihenfolge verstellt worden. Im Besonderen sind alle diejenigen Aussprüche von Schmidt, auf welche ich im Obigen eingetreten bin, meist unverändert wiederholt. Ich lasse hier für meine Zitationen die neuen Seitenzahlen folgen.

Digitized by Google

| In „Nachlese 19“ Seite: | ist zitiert „Gutachten“ Schmidt Seite: | dies entspricht „Rektoratsprogramm“ Seite: |
|---|---|---|
| 2 | 51 | 82 unten und 83 oben |
| 5 | 50 | 70 auf 71 |
| 5 | 46 | 79 unten (Bernhardt) |
| 5 | 51 | 82 unten |
| 5 | 56 | 88 unter Mitte |
| 5 | 54 unten | 86 oben |
| 6 | 58 oben | 83 unten |
| 7 | Figur 3 | fehlt |
| | „ 4 | 15 |
| | „ 5 | 16 |
| | „ 6 | 17 |
| | „ 8 | 19 |
| | „ 9 | 20 |
| | „ 12 | fehlt |
| | „ 13 | 21 |
| | „ 14 | 22 |
| 8 unten | 53 bis 54 | 84 unten und 85 oben |
| 10 | 57 oben | 89 oben (verändert) |
| 11 | 57 | 83 unter Mitte |
| 11 | 58 | 89 Mitte |
| 12 | 50 | 70 auf 71 |
| 12 | 56 | 88 unter Mitte |
| 13 | 58 | 89 untere Hälfte |
| 13 | 62 | 92—93 |
| 14 | 61 oben | 91 über Mitte |
| 16 | 59 | 90 oben |
| 17 | 60 | 91 oben |
| 18 | 61 | 91 über Mitte |
| 20 | 61 | 91 unter Mitte |
| 37 | 61 | 91 unten. |

Eine kleine Veränderung fand ich in folgenden beiden Zitaten: Seite 61 „Gutachten“ hiess es im sogenannten Generalverdikt: „dass A. Heim nicht berechtigt war . . .“, im „Rektoratsprogramm“ S. 91: „dass A. Heim kaum berechtigt war . . .“ Und im „Gutachten“ S. 61 sind meine mechanischen Deduktionen theoretisch einwandfrei ohne jede Reserve, im „Rektoratsprogramm“ S. 91 sind sie es „in gewissem Grade“. Wichtig scheint es mir, hier ausdrücklich die vortrefflichen Worte von Schmidt „Gutachten“ S. 50, „Rektoratsprogramm“ S. 70 und 71, vollinhaltlich wiederzugeben:

Digitized by Google

„Den Gesteinen, die ich „brechend" nenne, sind „Bergschläge, Gebirgsstoss usw." eigentümlich. Das spröde, kompakte, homogene Gestein stand vor Eröffnen des Stollens unter allseitig wirkendem Druck. An der neu angehauenen Stollenwand fehlt den randlichen Teilen der Gegendruck; die Konsistenz des Gesteins verhindert eine Zerteilung dieser Aussenschicht in kleinste Teile und Hineintreiben derselben als bewegliche Masse in den neu geschaffenen Hohlraum. Längs der gegendruckfreien Fläche dehnt sich das Gestein in einer wenig mächtigen Zone über dem festen Kern des Felsens aus und es entstehen die Pfeilerschüsse. — Die Gesteine, die ich „treibend" nenne, sind infolge ihrer weniger grossen Konsistenz von Ruscheln und Gleitflächen durchzogen, die Wirkung der Aufhebung des Gegendrucks besteht hier darin, dass die ganze Gesteinsmasse allseitig in den künstlichen Hohlraum hineindrängt, aufgelöst in Trümmer mit Rutschharnischen oder als breiförmige Masse, langsamer oder rascher, je nach der Konsistenz des Gesteines."

Ich sehe in diesem Satze die vollste Übereinstimmung mit meiner Auffassung und freue mich derselben, ich bedaure nur, dass Schmidt diese Freude nicht teilt, sondern sich selbst die Übereinstimmung in der Folge immer wieder auszureden versucht.

Auch im „Rektoratsprogramm" gibt uns Abschn. IV, 1. Teil, S. 55 bis 70 Schmidt wiederum eine noch vermehrte Zahl sehr wertvoller Beobachtungen und Abbildungen über die Deformationen im Simplontunnel. Er führt Stellen an, und bildet sie ab, wo der Sohlenauftrieb nach Art der „Creeps" eine scharfe Auffaltung mit Scheitelbruch im Gneiss erzeugt hat, andere wo der Wasserkanal in der Sohle von 0,6 m Weite auf 0,48 m zusammengedrückt oder um 0,1 und mehr gehoben worden ist und wo die Widerlager der Gewölbe um Dezimeter zusammengegangen sind etc. etc.

Das „Rektoratsprogramm" enthält ausserdem eine Anzahl Abschnitte über den Bau des Simplongebirges und die Tunnelgeologie, auf die ich hier nicht einzutreten habe, weil sie ausserhalb des Gesichtspunktes liegen, der uns hier beschäftigt hat. Wohl aber verweise ich hier noch auf eine Richtigstellung von Schmidts Anklagen (S. 9 des „Rektoratsprogrammes") gegen die Geologische Simplon-Kommission, welche ich in den Eclogae geol. helv. im ersten Heft von Bd. X. 1908 gegeben habe.

Digitized by Google

# Das Wechselfeld in Drahtrollen.

Von

Franz Rusch.

## Einleitung.

Schon frühe hat man erkannt, dass der Widerstand bezw. die Impedanz eines Wechselstromkreises mit wachsender Frequenz zunehmen müsse.

Eine Theorie des sog. Skineffekts für den geraden Draht wurde bald und ohne viel Mühe gegeben.

Experimentell festgestellt wurde die Impedanzzunahme von Drahtrollen, hier in Zürich, durch Tallquist[1]), der unter Prof. Weber mit einem Pendelunterbrecher Kurven von Schwingungsvorgängen im Kondensatorkreis aufnahm, desgleichen durch Seiler[2]) der unter Prof. Dr. Kleiner mit Verwendung des Helmholtzschen Pendels sich ebenfalls im wesentlichen mit der experimentellen Prüfung der Kirchhoffschen Formeln befasste.

Seiler fand, dass das experimentell ermittelte Dekrement, von dem aus der Kirchhoffschen Formel gewonnenen, die sonst die Erscheinungen (Schwingungsdauer, Amplitude) sehr gut wiedergab, erheblich abwich, besonders im Gebiet der hohen Schwingungszahlen.

Herr Prof. Kleiner liess die Sache weiter untersuchen. Lomsché[3]) und Eichhorn[4]) nahmen auf seine Veranlassung hin für verschiedene Spulen Schwingungskurven auf und verglichen die hieraus abgeleiteten Dekremente mit den nach der Kirchhoffschen Formel berechneten.

Auch sie fanden völlig übereinstimmend mit Seiler, dass die experimentellen Dekremente die berechneten beträchtlich überstiegen.

Aber während die Ergebnisse Eichhorns, in die sich übrigens ein erheblicher Rechenfehler eingeschlichen hatte, so dass ein Teil der

---

[1]) Wied. Ann. 60, pag. 218.
[2]) Wied. Ann. 61, pag. 30.
[3]) Diss. Zürich 1903.
[4]) Diss. Zürich 1904.

Digitized by Google

experimentellen Dekremente kleiner erscheint, als die theoretischen [er übersieht nämlich bei einem Teil seiner Resultate die Multiplikation mit dem Modul der natürlichen Logarithmen], mehr qualitativer Natur sind, kommt Lomsché so weit, eine Kurve aufzustellen, die die Abhängigkeit der Grösse $\left(\frac{W}{2L}\right)$, [die theoretisch nach Thomson-Kirchhoff konstant ist], von der Schwingungsdauer ($T$) darstellt.

Dolezalek[1]) veröffentlichte in den Annalen der Physik eine Untersuchung über die Widerstandszunahme von Selbstinduktionsnormalien mit zunehmender Wechselzahl. Die Wechselströme waren von einer Hochfrequenzmaschine erzeugt. Das Feld, das sie hervorbrachten, hatte also die Gleichung:

$$H = A \cos(n t) + B \sin(n t).$$

Dolezalek konstatierte auch eine Abnahme der Selbstinduktion mit zunehmender Schwingungszahl ($n$), während er für die Wiederstandszunahme mit steigender Frequenz die empirische Formel setzen zu dürfen glaubte:

$$R' = R + k n^2.$$

$R'$ = Wechselstromwiderstand
$R$ = Gleichstromwiderstand
$k$ = Koeffizient, der mit zunehmender Drahtdicke wächst (eine Behauptung, die mit meinen Beobachtungen völlig übereinstimmt).

Kurz nachdem Dolezalek seine Versuche veröffentlicht hatte, gab M. Wien[2]) auf Grund der alten Anschauung, die mit Selbstinduktionskoeffizienten und Wirbelströmen operiert, eine Theorie der Erscheinung.

Er fand für nicht allzu hohe Schwingungszahlen die Formel:

$$W' - W = \frac{4 \pi^6 m^3 \varrho^4}{(r_1 + r_2)\sigma} \left(1 + \frac{3 r_1^2}{(r_1 + r_2)^2}\right) N^2.$$

$\sigma$ = spez. Widerstand
$m$ = Windungszahl
$\varrho$ = Drahtradius
$r_1$ = innerer Spulenradius
$r_2$ = äusserer „

Für höhere Schwingungszahlen fand er eine Reihenentwicklung, von der er selbst sagt, dass sie schlechte Konvergenz zeige.

Nun nahm Sommerfeld[3]) das Problem in Angriff und löste es,

[1]) Drudes Ann. 12, pag. 1142.
[2]) Drudes Ann. 14, pag. 1.
[3]) Drudes Ann. 15, pag. 673.

Digitized by Google

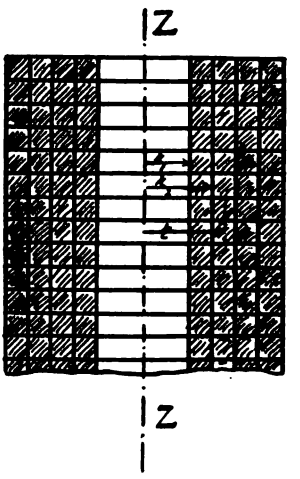
wie mir scheint, völlig befriedigend und zwar mit Hilfe der Maxwellschen Theorie.

Er fasst nicht mehr das Feld um den einzelnen Leiter, sondern den ganzen Kraftlinienstrom, der die Spule durchsetzt, ins Auge und trifft damit jedenfalls das Wesen der Sache.

Allerdings muss er folgende vereinfachende Voraussetzungen machen:

1. Die Spule ist unendlich lang.
2. Der Leiter von quadrat. Querschnitt.
3. Die Dicke der Isolation ist Null.

Fig 1.




Wenn die Spule unendlich lang ist, dann verläuft [$\mathfrak{H}$] (das Feld) parallel der $Z$-Achse, während die $\mathfrak{E}$ (elektrische Kraft) = Linien Kreise um die Achse $Z$ bilden. (Fig. 1.)

1. $\mathfrak{H} = \mathfrak{H}_Z$
2. $\mathfrak{E} = \mathfrak{E}_\varphi$.

Das erzwungene Feld hat die Zeitgleichung

$$\mathfrak{H} = \mathfrak{H}_0 \cdot e^{int},$$

wobei natürlich nur der reelle Teil des komplexen Ausdrucks in Betracht kommt.

Das Endresultat der Sommerfeldschen Entwicklung ist der Ausdruck:

$$\frac{W}{W_0} = \frac{1}{2}\{\varphi(\alpha) + \psi(\alpha)\} + \frac{M}{2}\{\varphi(\alpha) - \psi(\alpha)\} \cdot$$

$$\alpha = 2(r_2 - r_1)\sqrt{2\pi n \sigma}$$

$n$ = Schwingungszahl

$\sigma$ = spez. Leitvermögen

$$\varphi(\alpha) = \frac{\alpha}{2}\,\frac{\mathfrak{Sin}\,\alpha + \sin\alpha}{\mathfrak{Cos}\,\alpha + \cos\alpha}$$

$$\psi(\alpha) = \alpha\,\frac{\mathfrak{Sin}\,\frac{\alpha}{2}\cos\frac{\alpha}{2} + \sin\frac{\alpha}{2}\,\mathfrak{Cos}\,\frac{\alpha}{2}}{\mathfrak{Cos}\,\alpha - \cos\alpha}$$

$$M = \frac{\left[(m-0) + (m-1)\sqrt{\frac{r_2}{r_1}}\right]^2 + \left[(m-1) + (m-2)\sqrt{\frac{r_3}{r_2}}\right]^2 + \cdots}{\left[(m-0) - (m-1)\sqrt{\frac{r_2}{r_1}}\right]^2 + \left[(m-1) - (m-2)\sqrt{\frac{r_3}{r_2}}\right]^2 + \cdots}$$

$m$ = Zahl der Drahlagen der Rolle

$r_1\ r_2\ r_3 \cdots$ die aus der Figur ersichtlichen Radien.

$W$ = Wechselstromwiderstand

$W_0$ = Gleichstromwiderstand.

Digitized by Google

Eine Formel für die Variabilität des Selbstinduktionskoeffizienten gibt Sommerfeld nicht.

Es ist ja richtig: die Maxwell-Theorie kennt den Begriff des Selbstinduktionskoeffizienten nicht, aber sie kennt auch keinen Totalstrom und infolgedessen keinen Totalwiderstand, sondern nur einen spezifischen Strom und spezifischen Widerstand. Sie kennt nur eine Variation der Stromdichte, keine Variation des Totalwiderstandes. Wenn man also trotzdem den Hilfsbegriff des Totalwiderstandes einführt, der statt der Stromdichte variiert, so darf man mit demselben Recht den Hilfsbegriff des Selbstinduktionskoeffizienten einführen, der statt der Kraftliniendichte variiert.

Ich werde es später tun.

Gleichzeitig mit Dolezalek untersuchte Mayer [1]) am physikalischen Institut der Universität Zürich das Verhalten von Drahtrollen in einem Wechselstromkreis.

Aber er ging einen ganz anderen Weg als Dolezalek. Er leitete nämlich aus der Dämpfungskonstanten eines Kondensatorschwingungskreises den jeweiligen Widerstand der Selbstinduktionsrolle ab, wie seine Vorgänger am Institut, während Dolezalek mit Hochfrequenzwechselstrommaschine und Telephonbrücke arbeitete.

Wie Mayer, verfuhr auch ich. Ich präparierte mir Rollen (von variierender Lagenzahl), durch deren Untersuchung mir die Frage, die mir aus theoretischen Betrachtungen erwachsen war, beantwortet werden musste: Wie ändert sich die Widerstandszunahme mit den geometrischen Verhältnissen der Rolle, speziell mit der Lagenzahl bezw. Schicht(Draht)dicke.

Bevor ich auf meine Versuchsresultate eingehe, möchte ich eine Theorie der Widerstandszunahme vorausschicken, für den Fall, dass das Feld $\mathfrak{H}$ durch freie Schwingungen zustande kommt.

## Theorie.

Es ist klar, dass die Verhältnisse hier etwas anders liegen werden, als bei Sommerfeld. Bei Sommerfeld bleiben die Feldamplituden konstant, hier aber nehmen sie mit der Zeit ab. Meine zeitliche Feldgleichung lautet:

$$\mathfrak{H} = H_0 \, e^{(i n - \delta) t},$$

wobei wieder nur der reelle Teil des komplexen Ausdruckes zu nehmen ist.

$\delta$ ist die Dämpfungskonstante.

[1]) Diss. Zürich 1904.

Digitized by Google

Die Maxwellschen Gleichungen, die die Vorgänge in der Rolle beschreiben, lauten:

$$1)\quad 4\pi \mathfrak{i} = \operatorname{curl} \mathfrak{H}$$

$$2)\quad \frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial t} = -\operatorname{curl} \mathfrak{H}$$

$$3)\quad \mathfrak{i} = \sigma \mathfrak{E}.$$

$\mathfrak{H}$ = magnetische Feldstärke
$\mathfrak{i}$ = Stromdichte
$\mathfrak{E}$ = elektrische Feldstärke
$\sigma$ = Leitfähigkeit (spezifisch).

Aus 1) und 3) erhalten wir:

$$4\pi\sigma\mathfrak{E} = \operatorname{curl}\mathfrak{H}$$

und

$$-4\pi\sigma \operatorname{curl}\mathfrak{E} = -\operatorname{curl}(\operatorname{curl}\mathfrak{H}).$$

Unter Zuziehung der Gleichung 2)

$$4\pi\sigma\frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial \mathfrak{E}} = \Delta\mathfrak{H},$$

da nämlich $\operatorname{curl}^2\mathfrak{H} = -\Delta\mathfrak{H}$.

$\mathfrak{H}$ ist von $(z)$ unabhängig, also erhält man

$$4\pi\sigma\frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial t} = \frac{\partial^2\mathfrak{H}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\mathfrak{H}}{\partial y^2}.$$

Oder bei Einführung von Zylinderkoordinaten:

$$4\pi\sigma\frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial t} = \left(\frac{\partial^2\mathfrak{H}}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2\mathfrak{H}}{\partial \varphi^2}\right).$$

$\mathfrak{H}$ ist aber auch von $\varphi$ unabhängig.

Daher wird:

$$4\pi\sigma\frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial t} = \frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(r\frac{d\mathfrak{H}}{dr}\right)$$

oder

$$\frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(r\frac{d\mathfrak{H}}{dr}\right) = 4\sigma(in-\delta)\mathfrak{H}$$

und

$$\frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(r\frac{d\mathfrak{H}}{dr}\right) + k^2\mathfrak{H} = 0.$$

Setzt man $kr = x$, dann erhält man

$$\frac{d^2\mathfrak{H}}{dx^2} + \frac{1}{x}\frac{d\mathfrak{H}}{dx} + \mathfrak{H} = 0.$$

Die vollständige Lösung dieser Differentialgleichung führt auf Besselsche Funktionen.

Digitized by Google

Ich begnüge mich, wie Sommerfeld, mit einer näherungsweisen Lösung. Diese genäherte Lösung lautet:

$$\mathfrak{H} = \sqrt{\frac{1}{x}}\left(\alpha e^{ix} + \beta e^{-ix}\right).$$

Die Konstanten $\alpha$ und $\beta$ bestimmen sich aus folgenden Bedingungen:

$\mathfrak{H} = 0$ im Aussenraum der Rolle

$\mathfrak{H} = H e^{(in-\delta)t}$ im Innenraum der Rolle.

Also

1) $\alpha e^{ikr_1} + \beta e^{-ikr_1} = \sqrt{kr_1}$

2) $\alpha e^{ikr_2} + \beta e^{-ikr_2} = 0.$

Dabei ist zunächst angenommen, dass die Rolle nur eine Drahtlage habe. Mit Einführung der hieraus bestimmten Konstanten erhält man:

$$\mathfrak{H} = \sqrt{\frac{r_1}{r}}\,\frac{e^{ik(r_2-r)} - e^{-ik(r_2-r)}}{e^{ik(r_2-r_1)} - e^{-ik(r_2-r_1)}} \cdot H e^{(in-\delta)t}$$

und $4\pi i = -\frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial r} = \sqrt{\frac{r_1}{r}}\, ik\, \frac{e^{ik(r_2-r)} + e^{-ik(r_2-r)}}{e^{ik(r_2-r_1)} - e^{-ik(r_2-r_1)}} \cdot H e^{(in-\delta)t}.$

Hiebei braucht man nur nach den Exponenten zu differenzieren, da $ik$ so gross ist, dass das Glied ohne $ik$ als Faktor gar nicht in Betracht kommt.

Die Sommerfeldschen Näherungsformeln leite ich nicht ab, da sie sich für meinen Fall nicht wesentlich ändern.

### Bedeutung von $ik$.

Ich setze $ik = a + bi$, wobei $k = \sqrt{-4\pi n \sigma (in - \delta)}$. Nach leichter Rechnung findet man:

$$a = \sqrt{2\pi\sigma\left(\sqrt{n^2 + \delta^2} - \delta\right)}$$

$$b = \sqrt{2\pi\sigma\left(\sqrt{n^2 + \delta^2} + \delta\right)}.$$

Bei meinen Versuchen war $(n)$ so gross, dass man $\delta^2$ gegen $n^2$ vernachlässigen darf; dann ist

$$a = \sqrt{2\pi\sigma(n - \delta)}$$

$$b = \sqrt{2\pi\sigma(n + \delta)}.$$

Dabei ist:

$n = \frac{2\pi}{T}$ Schwingungszahl in $2\pi$ sec.

$\delta$ = Dämpfungskonstante

$\sigma$ = spez. Leitfähigkeit.

Setzt man $\delta = 0$ (Sommerfeld), so erhält man den Sommerfeldschen Koeffizienten

$$ik = (1 + i)k.$$

Digitized by Google

Wenn man von dem vorausgehenden komplexen Ausdruck für i den reellen Teil nimmt, so erhält man die Gleichung des spezifischen Stromes. Sie lautet:

$$i = \sqrt{a^2 + b^2}\,\frac{H}{4\pi}\cdot\sqrt{\frac{r_1}{r}}\,\sqrt{\frac{\mathfrak{Cof}\,2\xi + \cos 2\eta}{\mathfrak{Cof}\,2\alpha - \cos 2\beta}}\cdot e^{-\delta t}\cdot\cos\{nt + \varphi\}$$

$$\xi = \sqrt{2\pi\sigma(n - \delta)}\,(r_2 - r) \qquad \eta = \sqrt{2\pi\sigma(n + \delta)}\,(r_2 - r)$$

$$\alpha = \sqrt{2\pi\sigma(n - \delta)}\,(r_2 - r_1) \qquad \beta = \sqrt{2\pi\sigma(n + \delta)}\,(r_2 - r_1)$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\sqrt{\frac{n+\delta}{n-\delta}} + \frac{\sin(\eta-\beta)\,\mathfrak{Cof}(\alpha+\xi) - \sin(\eta+\beta)\,\mathfrak{Cof}(\alpha-\xi)}{\mathfrak{Sin}(\alpha+\xi)\cos(\eta-\beta) + \cos(\eta+\beta)\,\mathfrak{Cof}(\alpha-\xi)}}{1 - \sqrt{\frac{n+\delta}{n-\delta}}\cdot\frac{\sin(\eta-\beta)\,\mathfrak{Cof}(\alpha+\xi) - \sin(\eta+\beta)\,\mathfrak{Cof}(\alpha-\xi)}{\mathfrak{Sin}(\alpha+\xi)\cos(\eta-\beta) + \cos(\eta+\beta)\,\mathfrak{Sin}(\alpha-\xi)}}.$$

Es ist also nicht nur die Amplitude der Stromdichte, sondern auch ihre Phase von $(r)$ abhängig: im einzelnen Draht. [Die Stromfäden im Draht sind nicht nur von verschiedener Intensität, sondern auch in der Phase gegeneinander verschoben.]

Das Argument meiner hyperbolischen und Kreisfunktionen ist in meinen Formeln ausser von $(n)$ auch von $(\delta)$ abhängig. Dasselbe gilt von der Amplitude.

Der Gesamtstrom im Draht wird erhalten durch die Integration aller Stromfäden über den Drahtquerschnitt.

Er ist:

$$J = \frac{H}{4\pi N}\,e^{(in-\delta)t}.$$

Dabei bedeutet $N$ die Zahl der Windungen pro Längeneinheit der Spule.

Eine ähnliche Gleichung wie für (i) ergibt sich auch für $\mathfrak{H}$. Auch von $\mathfrak{H}$ ist die Amplitude und Phase von $(r)$ abhängig.

Der Widerstand der Drahtrolle wird durch den Joulesschen Energieverbrauch definiert.

Wenn ein Strom von der Gleichung:

$$i = Je^{-\delta t}\sin(nt + \varphi)$$

vorliegt, so wird dieser (pro Widerstandseinheit und pro $x \cdot T$ sec):

$$\text{Energieverlust} = E = \frac{J^2}{4}(1 - e^{-2\cdot x\cdot\delta T})\left[\frac{n\sin 2\varphi - \delta\cos 2\varphi}{n^2+\delta^2} + \frac{1}{\delta}\right].^{1})$$

---

[1]) Wenn $(n)$ sehr gross, lässt sich $\frac{n\sin 2\varphi - \delta\cos 2\varphi}{n^2+\delta^2}$ gegen $\frac{1}{\delta}$ vernachlässigen, dann ist

$$E = J^2\,\frac{1 - e^{-2x\cdot\delta T}}{4\cdot\delta}.$$

Digitized by Google

Diese Formel wird sowohl für den Stromfaden, als für den Gesamtstrom angewandt. Dann ist:

$$E = w\int_0^{x\cdot T} J^2\cdot dt = \frac{1}{2\pi r_1 N}\int_{r_1}^{r_2} 2\pi r\, dr \int_0^{x\cdot T}\frac{1}{\sigma}\, i^2\, dt.$$

Nach der Ausrechnung hebt sich der Faktor $\frac{1-e^{-2x\delta T}}{4\delta}$ auf beiden Seiten hinweg.

Man erhält so:

$$w = \frac{a^2+b^2}{\sigma}\cdot N\cdot\int_{r_1}^{r_2} dr\,\frac{\mathfrak{Cof}\,2a(r_2-r)+\cos b(r_2-r)}{\mathfrak{Cof}\,2a(r_2-r_1)-\cos 2b(r_2-r_1)}$$

endlich

$$w = \frac{N}{\sigma}\,\frac{b\,\mathfrak{Sin}\,2\alpha + a\sin 2\beta}{\mathfrak{Cof}\,2\alpha-\cos 2\beta}.$$

Diese Formel geht für $\delta = 0$ in die Sommerfeldsche über. In ihr sind nicht nur die Amplituden $a$ und $b$, sondern auch die Argumente $\alpha$ und $\beta$ von $\delta$ abhängig (ausser von $n$).

Da aber $\delta = \frac{W}{2L}$, so müsste die obige transzendente Gleichung nach $w$ aufgelöst werden, wenn man genau rechnen wollte.

Um dies zu vermeiden, könnte man etwa so verfahren: Man setzt zunächst $\delta = 0$ und berechnet einen Näherungswert von $w$. Mit Hilfe dieses $w$ berechnet man ein $\delta$, geht damit in die Formel ein und berechnet eine zweite Näherung von $w$ und fährt so fort, bis die Genauigkeit befriedigt.

Ich gehe nun zum allgemeinsten Fall, zum

Feld einer Rolle mit $m$-Schichten.

Wie Sommerfeld erhalte ich:

$$\mathfrak{H}_1 = \left\{\sqrt{\frac{r_1}{r}}\,\frac{e^{ik(r_2-r)}-e^{-ik(r_2-r)}}{e^{ik(r_2-r_1)}-e^{-ik(r_2-r_1)}} - \frac{m-1}{m}\sqrt{\frac{r_2}{r}}\,\frac{e^{ik(r_1-r)}-e^{-ik(r_1-r)}}{e^{ik(r_2-r_1)}-e^{-ik(r_2-r_1)}}\right\} H e^{(in-\delta)t}$$

$$\vdots \qquad\qquad \vdots$$

$$\mathfrak{H}_m = \frac{1}{m}\sqrt{\frac{r_m}{r}}\,\frac{e^{ik(r_{m+1}-r)}-e^{-ik(r_{m+1}-r)}}{e^{ik(r_{m+1}-r_m)}-e^{-ik(r_{m+1}-r_m)}}\, H e^{(in-\delta)t}.$$

Nur ist bei mir wieder $ik = a+bi$.

Ich schreite nun zunächst zur Berechnung der

Selbstinduktion.

Ich gehe von der magnetischen Energie ($T$) aus:

$$T = \frac{1}{8\pi}\int \mathfrak{H}^2\, d\tau = \frac{i^2}{2}\, L.$$



Digitized by Google

Das Integral zerfällt in Teilintegrale. Im Hohlraum der Rolle ist $\mathfrak{H}$ von $\tau$ unabhängig, also gilt:

$$T_0 = \frac{1}{8\pi}\mathfrak{H}^2 \int d\tau$$

$$\int d\tau = \pi r_1^2 l, \qquad \text{wenn } l = \text{Spulenlänge.}$$

Also
$$T_0 = \frac{1}{8}\mathfrak{H}^2 \cdot r_1^2 l.$$

Der Totalstrom in der Windung ist

$$J = \frac{H}{4\pi m \cdot N} \cdot e^{(i\pi - \delta)t}.$$

Daher
$$\frac{i^2}{2} = \frac{H^2}{32\pi^2 m^2 N^2}$$

und
$$L = \frac{T_0}{\left(\frac{i^2}{2}\right)} = 4\pi^2 m^2 N^2 r_1^2 l.$$

Das Raumelement $d\tau$ für das Spulenmaterial ist

$$d\tau = 2r\pi\, dr \cdot l.$$

Für die erste Schichte haben wir dann:

$$T_1 = \frac{2\pi \cdot l}{8\pi} \int_{r_1}^{r_2} \mathfrak{H}_1^2 \cdot r \cdot dr.$$

$\mathfrak{H}_1^2$ erhält man als das Produkt der imaginären Grösse $\mathfrak{H}_1$ und der dazu konjugierten als einen reellen Ausdruck in hyperbolischen und gewöhnlichen Cosinus. Die langwierigen Zwischenrechnungen muss ich übergehen, um Raum zu sparen. Ich erhalte:

$$L_1 = 4\pi^2 N^2 m^2 r_1^2 l \frac{r_2 - r_1}{r_1^2}\left\{\left(r_1 + \left(\frac{m-1}{m}\right)^2 r_2\right) f - 2\frac{m-1}{m}\sqrt{r_2}\, F\right\}$$

$$L_2 = 4\pi^2 N^2 m^2 r_1^2 l \frac{r_2 - r_1}{r_1^2}\left\{\left(\left(\frac{m-1}{m}\right)^2 r_2 + \left(\frac{m-2}{m}\right)^2 r_3\right) \cdot f - 2\frac{m-1}{m} \cdot \frac{m-2}{m}\sqrt{r_3}\, F\right\}$$

u. s. w.
$$L = L_0 + L_1 + L_2 + L_3 + \cdots + L_m$$

$$L = L_0\left\{1 + \frac{r_2 - r_1}{r_1^2}\left[M_1' f - M_2' F\right]\right\}$$

$$M_1' = \left(\frac{m}{m}\right)^2 r_1 + 2\left(\frac{m-1}{m}\right)^2 r_2 + 2\left(\frac{m-2}{m}\right)^2 r_3 + \cdots 2\left(\frac{1}{m}\right)^2 r_{m+1}$$

$$M_2' = 2\left\{\frac{m-1}{m}\sqrt{r_2} + \frac{m-1}{m} \cdot \frac{m-2}{m} \cdot \sqrt{r_3} + \cdots \left(\frac{2}{m}\right) \cdot \left(\frac{1}{m}\right)\sqrt{r_{m+1}}\right.$$

$$f = \frac{\beta\, \mathfrak{Sin}\, 2\alpha - \alpha \sin 2\beta}{\alpha \cdot \beta\,(\mathfrak{Cof}\, 2\alpha - \cos 2\beta)}$$

$$F = 2\,\frac{\beta\, \mathfrak{Sin}\, \alpha \cos\beta - \alpha\, \mathfrak{Cof}\, \alpha \sin\beta}{\alpha \cdot \beta\,(\mathfrak{Cof}\, 2\alpha - \cos 2\beta)}.$$

Digitized by Google

$M_1'$ und $M_2'$ sind von den Sommerfeldschen Koeffizienten $M_1$ und $M_2$ verschieden.

$f$ und $F$ sind auch grundverschieden von den Sommerfeldschen $\varphi(\alpha)$ und $\psi(\alpha)$. Man kann das sofort aus den Grenzwerten dieser Grössen erkennen.

Es wird nämlich für

$$n = \infty \qquad f = F = 0,$$

während hiefür $\varphi(\alpha)$ und $\psi(\alpha) = \infty$ wird, d. h. für $n = \infty$ wird wohl $w = \infty$, aber $L$ bleibt endlich und zwar wird

$$L_{n=\infty} = L_0,$$

$$\text{für } n = 0 \text{ wird } f = -F = \frac{2}{3}.$$

Also
$$L_{n=0} = L_0 \left\{1 + \frac{2}{3} \frac{r_2 - r_1}{r_1^2} [M_1' + M_2']\right\}$$

$$L_{n=0} > L_0.$$

Mit Worten: $L$ nimmt ab mit zunehmender Schwingungszahl und zwar ist der Grenzwert (für $n = \infty$) der Wert, den man mit der gewöhnlichen Solenoidformel für $L$ berechnet ($L_0$).

Da der Faktor $\frac{r_2 - r_1}{r_1^2}$ für gewöhnlich in sehr kleinen Grenzen bleibt, so sieht man ohne weiteres, dass die Variation von $L$ sehr klein ist.

Will man die Änderung von $L$ nachweisen (experimentell), so muss man die Drahtdicke $r_2 - r_1 = d$ möglichst gross und $r_1$ möglichst klein machen. Dann wird $M_1'$ und $M_2'$ möglichst gross.

## Der Widerstand.

Für die Stromdichten in den einzelnen Schichten finden wir

$$\mathfrak{x}\, i_1 = ik \left\{ \sqrt{\frac{r_1}{r}} \frac{e^{ik(r_2 - r)} + e^{-ik(r_2 - r)}}{e^{ik(r_2 - r_1)} - e^{-ik(r_2 - r_1)}} - \frac{m-1}{m} \cdot \sqrt{\frac{r_2}{r}} \frac{e^{ik(r_1 - r)} + e^{-ik(r_1 - r)}}{e^{ik(r_2 - r_1)} - e^{-ik(r_2 - r_1)}} \right\} \cdot H \cdot e^{(in - \delta)t}$$

u. s. w.

$$\mathfrak{x}\, i_m = ik \frac{1}{m} \sqrt{\frac{r_m}{r}} \frac{e^{ik(r_{m+1} - r)} + e^{-ik(r_{m+1} - r)}}{e^{ik(r_{m+1} - r_m)} - e^{-ik(r_{m+1} - r_m)}} \cdot H e^{(in - \delta)t}.$$

Es gelten auch hier alle Folgerungen, die schon Sommerfeld gezogen, so z. B., dass in angrenzenden Schichten die Stromdichten gerade entgegengesetzte Phasen haben.

Der Totalstrom ist

$$J = \frac{H}{4\pi m N} e^{(in - \delta)t}.$$

Digitized by Google

Aus energetischen Betrachtungen findet man wieder den Widerstand $w$ als eine Summe von Körperintegralen über die einzelnen Schichten.

$$w = \frac{a^2+b^2}{2ab}\,\frac{N}{m\,\sigma\,(r_2-r_1)}\,\{M_1\,\Phi - M_2\,\Psi\}$$

$$M_1 = m^2 + (m-1)^2\,\frac{r_2}{r_1} + (m-1)^2 + (m-2)^2\,\frac{r_3}{r_2} + (m-2)^2 + \cdots$$

$$M_2 = 2\left[m\,(m-1)\sqrt{\frac{r_2}{r_1}} + 2\,(m-1)\,(m-2)\sqrt{\frac{r_3}{r_2}} + \cdots\right]$$

$$\Phi = \frac{\beta\,\mathfrak{Sin}\,2\alpha + \alpha\sin 2\beta}{\mathfrak{Cof}\,2\alpha - \cos 2\beta}$$

$$\Psi = 2\,\frac{\beta\,\mathfrak{Sin}\,\alpha\cos\beta + \alpha\,\mathfrak{Cof}\,\alpha\sin\beta}{\mathfrak{Cof}\,2\alpha - \cos 2\beta}.$$

Für Gleichstrom gilt $n = 0$, $\Phi = \Psi = 1$, also

$$w_0 = \frac{N}{m\,\sigma\,(r_2-r_1)}\,(M_1 - M_2)$$

und

$$\frac{W}{w_0} = \frac{M_1}{M_1 - M_2}\cdot\Phi - \frac{M_2}{M_1 - M_2}\cdot\Psi$$

oder nach Sommerfeld:

$$\frac{W}{w_0} = \frac{1}{2}\,\{\Phi + \Psi\} + \frac{M}{2}\,\{\Phi - \Psi\}$$

$$M = \frac{\left(m + (m-1)\sqrt{\frac{r_2}{r_1}}\right)^2 + \left((m-1) + (m-2)\sqrt{\frac{r_3}{r_2}}\right)^2 + \cdots}{\left(m - (m-1)\sqrt{\frac{r_2}{r_1}}\right)^2 + \left((m-1) - (m-2)\sqrt{\frac{r_3}{r_2}}\right)^2 + \cdots}.$$

Ein Näherungswert für $M$ ist nach Sommerfeld

$$M = \frac{4}{3}\,m^2,$$

hiebei muss aber $(m)$ mindestens gleich 5 sein.

Ich habe es im Vorstehenden unternommen, zu untersuchen, wie sich die Verhältnisse ändern, wenn man zur Untersuchung der Widerstandszunahme freie, gedämpfte Schwingungen heranzieht.

Das Resultat ist: die Sommerfeldschen Formeln geben die Verhältnisse nicht mehr genau wieder (abgesehen davon, dass sie an sich schon Näherungsformeln sind), sondern sie müssen durch die von mir abgeleiteten ersetzt werden. Meine Formeln sind insofern kompliziert, als sie die gesuchte Grösse als Wurzel einer transzendenten Gleichung enthalten.

Die Koeffizienten $M_1'$ $M_2'$ und $M$ entsprechen natürlich nicht genau der Wirklichkeit, da sie auf Grund vereinfachender Voraussetzungen

Digitized by Google

gewonnen wurden: (Isolationsdicke = 0, Drahtquerschnitt [1]) quadratisch u. s. w.) Sie sind experimentell zu korrigieren; ebenso wird $\alpha$ und $\beta$ zu verbessern sein. Wie man etwa verfahren könnte, um die richtigen Werte experimentell zu finden, will ich später zeigen.

Das Ergebnis meiner theoretischen Untersuchung stellt sich im wesentlichen durch die zwei folgenden Formeln dar:

$$\text{I.} \quad w = \frac{w_0}{2} [\{\Phi + \Psi\} + M \{\Phi - \Psi\}]$$

$$\text{II.} \quad L = L_0 \left[1 + \frac{d}{r_1^2} [M_1' f - M_2' F]\right].$$

$$\text{Für } n = 0 \text{ wird } \begin{cases} L = L_0 \left[1 + \frac{2}{3} \frac{d}{r_1^2} [M_1' + M_2']\right] \\ w = w_0 \end{cases}$$

$$\text{„ } n = \infty \text{ „ } \begin{cases} L = L_0 \\ w = \infty. \end{cases}$$

Meine Formel für die Selbstinduktion ist ganz allgemein. Sie berücksichtigt nicht nur die Abhängigkeit von den Dimensionen der Normale, sondern auch von der Schwingungszahl.

Wenn man überhaupt den Hilfsbegriff der Selbstinduktion einführt, so kann man logischer Weise nur durch sie diesen Begriff festlegen.

Wie aus der Formel für $M$ zu ersehen ist (besonders leicht aus der Näherungsformel: $M = \frac{4}{3} m^2$), hängt die Widerstandszunahme sehr stark von der Lagenzahl ($m$) ab. Diese theoretische Erkenntnis wird durch meine Experimente aufs beste bestätigt.

Um die Widerstandszunahme klein zu halten, muss man ($m$) so klein als möglich wählen.

Für $m = 1$ wird $M = 1$ und $\frac{w}{w_0} = \Phi$ ein Minimum.

Die Unterteilung des Leiters in voneinander isolierte Elementardrähte hat gar keinen grossen Einfluss auf die Widerstandszunahme.

Die Firmen, die Selbstinduktionsnormalien herstellen, glauben bekanntlich durch dieses Mittel die Widerstandserhöhung herunterdrücken zu können. Aber die Unterteilung verhindert nur die an sich fast unmassgebliche Variation der Stromdichte im Leiter, nicht aber die bedeutende von Schicht zu Schicht.

Eine Selbstinduktionsnormalie ohne Widerstandszunahme müsste eine Rolle sein mit einer [einzigen] unendlich dünnen Kupferbandbewicklung in einer Lage.

---

[1]) Ich will die Drahtdicke $r_2 - r_1 = r_3 - r_2 = \cdots = d$ setzen.

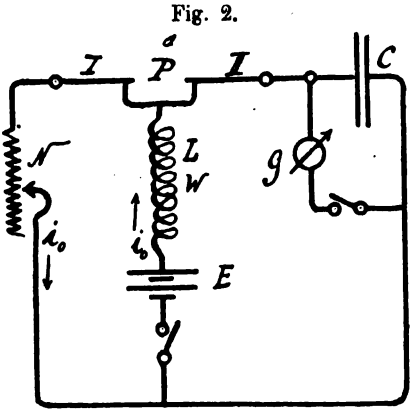
Digitized by Google

## Messungen.

Bei meinen experimentellen Untersuchungen habe ich Schwingungen des elektrischen Zustandes in einem Kondensatorkreis benützt.

Da man es hiebei mit quasi stationärer Strömung zu tun hat, so kann man die Theorie des Schwingungskreises mit Hilfe der alten Anschauung entwickeln.

Fig. 2.




*P* Helmholtzscher Pendelunterbrecher (nach Prof. Kleiner)
*I* und *II* sind seine Kontakte
*L* Selbstinduktionsspule
*W* ihr Widerstand
*E* Gleichstromquelle (Akkumulator)
*N* Regulierwiderstand
*C* variable Kapazität
*G* ballist. Galvanometer.

Meine Schaltung war die in Fig. 2 dargestellte.

Solange *I* geschlossen, fliesst durch *L N* und *E* der Strom:

$$i_0 = \frac{E}{N+W}.$$

Dabei ist der Kondensator (bei geschlossenem *II*) geladen mit der Elektrizitätsmenge

$$Q_0 = EC \cdot \frac{N}{N+W}.$$

In *L* ist die magnetische Energie aufgespeichert:

$$L\frac{i_0^2}{2}.$$

Die Energie der Stromquelle ist

$$Ei_0.$$

Wird nun *I* geöffnet, so gilt für *II* die Energiegleichung

$$E\,i\,dt - L\,i\,di = w\,i^2\,dt + \frac{1}{C}\cdot Q\,dQ$$

$Q$ = Ladung des Kondensators

$$dQ = i\,dt.$$

Man erhält daraus die Differentialgleichung

$$\left(D^2 + \frac{W}{L}D + \frac{1}{CL}\right)\cdot Q = \frac{E}{L}.$$

Die Grenzbedingungen sind:

$$\left.\begin{aligned} Q = Q_0 &= E\cdot C\,\frac{N}{W+N} \\ i = \frac{dQ}{dt} &= i_0 = \frac{E}{W+N} \end{aligned}\right\} \text{für } t = 0.$$

Dann lautet die Lösung:

$$Q = Q_m\left\{1 - \frac{T}{2\pi\cdot C(W+N)}\cdot e^{-\frac{W}{2L}\cdot t}\right\}\cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T}\cdot t + \varphi\right).$$

Digitized by Google

$Q_m = E \cdot C$ ist die Endladung nach abgeklungener Schwingung.

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{CL} - \left(\frac{W}{2L}\right)^2}} = \text{Schwingungsdauer.}$$

Der Phasenwinkel $\varphi$ ist gegeben durch:

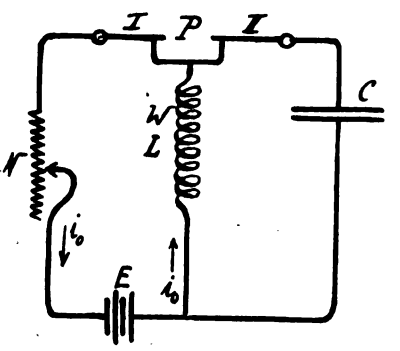
$$\sin \varphi = \frac{2\pi W \cdot C}{T}$$

$$\frac{W}{2L} = \delta = \text{Dämpfungskonstante.}$$

Ich will im Anschluss gleich noch eine zweite Schaltung behandeln, die zwar nicht sehr verschieden ist, aber doch bedeutende Vorzüge besitzt. Das Schema ist in Fig. 3 dargestellt.

Der Unterschied gegen das erste Schema ist, dass die Stromquelle aus dem Schwingungskreis ausgeschaltet ist. Die Ladung pendelt nicht mehr um $Q_m$, sondern um Null.

Fig. 3.




Bei Schluss von $I$ und $II$ fliesst durch $L\,N\,E$ der Strom $i_0$ und $C$ ist geladen auf

$$Q_0 = E \cdot C \frac{W}{W+N}.$$

Im Kondensator steckt dabei die Energie:

$$\frac{Q_0^2}{2C} = \frac{E^2 \cdot C}{2} \frac{W^2}{(W+N)^2}.$$

In $L$ steckt die Energie:

$$L \frac{i_0^2}{2}.$$

Wird $I$ durch das Pendel geöffnet, dann gilt für $I\,C\,L$ die Energiegleichung

$$-L i\,di = w i^2\,dt + \frac{1}{C} Q\,dQ,$$

daraus resultiert die Differentialgleichung

$$\left(D^2 + \frac{W}{L} D + \frac{1}{CL}\right) Q = 0.$$

Die Lösung wird nach einigen unbedeutenden Vernachlässigungen:

$$Q = i_0 \frac{T_0}{2\pi} \cdot e^{-\delta t} \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi\right).$$

Digitized by Google

Dabei ist $$T_0 = 2\pi\sqrt{CL}$$

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{CL} - \left(\frac{W}{2L}\right)^2}}$$

$$\operatorname{tg}\varphi = 2\delta \cdot \sqrt{CL}.$$

Die Vorteile dieser Schaltung bestehen darin, dass die allenfalsige Polarisationskapazität und die Variabilität des inneren Widerstandes von $E$ die Messresultate nicht trüben können. Ich werde sie in einer späteren Untersuchung erproben.

Nimmt man nun die Schwingungskurve auf, so kann man aus ihr folgende drei Grössen bestimmen:

1) $T$

2) $e^{-\delta T}$

3) $a = i_0 \frac{T_0}{2\pi} \cdot e^{-\delta T} \cdot \sin\varphi.$

Man nennt $\delta T = \frac{ln\, a_m - ln\, a_n}{n - m} = \lambda$ das logarithmische Dekrement.

Es wird erhalten, indem man aus der Kurve die $m$te Amplitude abmisst, von ihrer Masszahl den natürlichen Logarithmus nimmt und davon den natürlichen Logarithmus der Masszahl der $n$ten Amplitude subtrahiert und die Differenz durch $n - m$ dividiert.

Um aus $T$ und $\lambda$ $W$ und $L$ zu berechnen, benützt man die Gleichungen

$$\text{I.} \quad T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{CL} - \left(\frac{\lambda}{T}\right)^2}}$$

$$\text{II.} \quad \lambda = \frac{W}{2L} \cdot T,$$

woraus man erhält:

$$L = \frac{T^2}{(4\pi^2 + \lambda^2) \cdot C}$$

$$W = \frac{2T\lambda}{(4\pi^2 + \lambda^2) \cdot C}.$$

Aus der dritten Gleichung könnte man $C$ bestimmen. Es ist nämlich

$$a = e^{-\lambda} \cdot i_0 \cdot W_0 \cdot C,$$

also $$C = \frac{a}{e^{-\lambda} \cdot i_0 \cdot W_0} = \frac{a \cdot e^{\lambda}}{i_0 \cdot W_0}.$$

Digitized by Google

Am unsichersten ist die Bestimmung von $L$, wie man aus der Fehlergleichung für $L$ sofort sehen kann. Es ist nämlich:

$$\Delta L = \frac{2T}{(4\pi^2 + \lambda^2) C} \left[ \Delta T - \frac{T \cdot \lambda}{(4\pi^2 + \lambda^2)} \cdot \Delta \lambda \right].$$

Den durch $\Delta \lambda$ verursachten Fehler kann man zwar zunächst vernachlässigen, aber der Fehler $\Delta T$ wird mit einem sehr grossen Faktor multipliziert, so dass für gewöhnlich der Fehler $\Delta L$ grösser werden wird, als die durch Skinwirkung bedingte Variation von $L$.

## Die Instrumente.

1. Der Helmholtzsche Pendelunterbrecher nach den Angaben von Prof. Kleiner. Seine Wirkungsweise und Theorie setze ich als bekannt voraus. Seine Konstante, d. h. der Faktor, mit dem die Trommelablesung zu multiplizieren ist, um sie in Zeitsekunden zu verwandeln, wurde mit Hilfe einer bekannten Selbstinduktion und Kapazität bestimmt zu

$$A = 1.71966 \times 10^{-6} \text{ sec.}$$

2. Die variable Kapazität. Als solche wurde ein Kondensator von Carpentier benützt, der ein Mikrofarad umfasste und in vier Abteilungen bis zu ein Zehntel Mikrofarad herab unterteilt war. Sein Verhalten befriedigte. Dagegen war weniger zuverlässig ein Kondensator von Siemens, ebenfalls maximal ein Mikrofarad umfassend und in zwölf Abteilungen bis zu ein Tausendstel herunter unterteilt. Die vielen engen Spalten zwischen den Stöpseln machen eine gründliche Reinigung von leitendem Staub fast unmöglich.

3. Die Selbstinduktionsspulen waren Rollen gruppenweise (zwei Gruppen) von annähernd gleicher Selbstinduktivität, aber verschiedener Lagenzahl $m$.

4. Das ballist. Galvanometer. Der jeweilige Ladungszustand des Kondensators wurde mit Hilfe eines ballist. Galvanometers (Dreispuleninstrument) von Siemens & Halske festgestellt.

Seine Funktion war vortrefflich. Seine Empfindlichkeit konnte mit Hilfe eines Shunts in weiten Grenzen variiert werden.

Digitized by Google

## Dimensionen der Rollen.

Gruppe I: $L$ ca. $4500 \times 10^3$ cm.

| | $l$ cm | $r$ cm | $d$ cm | $m$ | $N$ | $W_0$ | $L \times 10^{-3}$ cm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $S_1$ | 1 | 4 | 0.1 | 24 | 8.55 | 2.89 | 4600 |
| $S_2$ | 3 | 4 | 0.1 | 7 | 8.55 | 2.30 | 3950 |
| $S_{24}$ | 24 | 4 | 0.1 | 2 | 8.55 | 3.40 | 4500 |
| $S_{94}$ | 94 | 4 | 0.1 | 1 | 8.55 | 5.57 | 4400 |

Gruppe II: $L$ ca. $1100 \times 10^3$ cm.

| | $l$ cm | $r$ cm | $d$ cm | $m$ | $N$ | $W_0$ | $L \times 10^{-3}$ cm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $S_B$ | 3.6 | 5.7 | 0.0065 | 99 | 1 | 1.34 | 1442 |
| $S_r$ | 5.0 | 18.6 | 0.08 | 1 | 10 | 2.00 | 1100 |
| $S_F$ | Normale von Franke | | | | | 1.38 | 1010 |

Rolle $S_B$ bestand aus einem 36 mm breiten und 0.065 mm dicken Kupferband, das in einer Spirale von 99 Windungen aufgewickelt war.

In Gruppe I, die aus Rollen besteht mit einem $L$ um $4500 \times 10^3$ cm herum, hat $m$ die Werte 1, 2, 7, 24.

Gruppe II hat eine Rolle mit einer Drahtlage, eine Rolle mit unterteiltem Leiter, aber unbekanntem ($m$) und eine Rolle mit Bandbewicklung ($S_B$).

## Die Messung.

Es wurde im Schwingungskreis eine bestimmte Kapazität eingestellt und für eine bestimmte Rolle in bekannter Weise die Schwingungskurve punktweise aufgenommen. Dann wurde diese Rolle durch alle Rollen ihrer Gruppe nach und nach ersetzt, wobei immer für jede einzelne Rolle auch die Schwingungskurve aufgenommen wurde. Mit dieser Arbeitsweise ersparte ich viel Zeit, da für eine Reihe von Aufnahmen mit derselben Einstellung der Instrumente gearbeitet werden konnte. (Dieselbe Empfindlichkeit des Galvanometers, derselbe Widerstand $N$ u. s. w.) Hierauf wurde die Kapazität geändert und derselbe Rollensatz wieder durchgeprüft u. s. f.

Aus einer Schwingungskurve wurde $T$ bestimmt

$$T = \frac{x_n - x_m}{n - m} \cdot A \text{ sec.}$$

Digitized by Google

Dabei sind $x_m$ bezw. $x_n$ die Abszissen des $m$ten bezw. $n$ten Schwingungsmaximums.

$A$ = Pendelkonstante = Zeitwert eines Trommelteiles.

$\lambda$ wurde gefunden mit

$$\lambda = \frac{ln\, a_m - ln\, a_n}{n - m}.$$

$\lambda$ wurde abhängig von $T$ in ein Kurvenblatt eingetragen.

Wenn $W$ sich nicht mit $T$ änderte, dann würde $\lambda$ sich als eine Gerade durch den Koordinatenanfang darstellen, nämlich:

$$\lambda_0 = \left(\frac{W_0}{2\,L_0}\right) T = \text{Konst.}\, T.$$

Die $\lambda$-Kurven könnte man die Charakteristiken der Rollen nennen.

Den Charakter der $\lambda$-Kurven erkennt man aus den graphischen Darstellungen. Zunächst sieht man, dass die Gerade $\lambda_0 = \text{Konst.}\, T$ die eine und die Gerade $T = 0$ (also die $Y$-Achse) die andere Assymptote der hyperbelähnlichen Kurven ist.

Für die Rollen mit nur einer Lage ist die Abweichung der Charakteristik von $\lambda_0$ verhältnismässig klein, also auch die Widerstandszunahme, der rapide Anstieg längs der $Y$-Achse erfolgt erst bei so hohen Schwingungszahlen, dass er mit der gegebenen Messgenauigkeit nicht mehr zu erreichen war.

Das $\lambda$ der Rollen mit zwei und mehr Lagen zeigt schon von Anfang an eine starke Abweichung von $\lambda_0$. Der Anstieg längs der $Y$-Achse liegt noch innerhalb des Messbereichs.

Vom tiefsten Punkt der $\lambda$-Kurven an beginnt ein sehr rasches Zunehmen des Widerstandes.

Wir können $L$ konstant annehmen. Dann wird

$$W = \frac{2\lambda \cdot L}{T} = \text{Konst.}\, \frac{\lambda}{T}.$$

In den Kurvenblättern wurde nicht $W$, sondern $\frac{\Delta W}{W_0} = \frac{W - W_0}{W_0}$ eingetragen.

Übereinstimmend mit der Theorie geht also $W$ mit zunehmender Lagenzahl ($m$) rapid in die Höhe.

Wenn also die Firmen Selbstinduktionsnormalien (wenn man von solchen überhaupt sprechen darf) von geringer Widerstandszunahme konstruieren wollen, so müssen sie mit der Lagenzahl (Wicklungstiefe) zurückgehen. Eine Unterteilung des Leiters nützt fast gar nichts, wie aus der $\lambda$ und $\frac{\Delta W}{W_0}$ Kurve der Selbstinduktionsrolle von

Digitized by Google

Franke ($S_F$), die einen unterteilten Leiter besitzt, ersichtlich ist. Die Rolle $S_r$ mit nur einer Lage eines massiven Drahtes (mit fast gleicher Selbstinduktion) verhält sich wesentlich besser als sie.

Ein Selbstinduktionskoeffizient, der weder Widerstandszunahme noch veränderliche Selbstinduktivität zeigte, müsste aus einer Lage eines unendlich dünnen Kupferbandes bestehen.

Dies zeigt auch die Theorie. Denn für $m = 1$ und $r_2 - r_1 = 0$ wird $\alpha = \beta = 0$ und $\Phi = 1$, also

$$W = W_0$$
$$L = L_0.$$

Die von Mayer und mir angewandte Untersuchungsmethode, nämlich: Bestimmung des Widerstandes aus dem Dekrement, der Selbstinduktion aus der Schwingungsdauer einer freien Schwingung, scheint mir, wenn auch die mühevollste und zeitraubendste, doch die beste, da sie gestattet, in das Gebiet der sehr hohen Schwingungszahlen vorzudringen.

Gerade in diesem Bereich zeigt sich ja das merkwürdigste Verhalten der $\lambda$-Kurven. Hier beginnen sie nämlich, nachdem sie vorher längs der $\lambda_0$-Geraden fielen, plötzlich umzubiegen und sehr rasch längs der $Y$-Achse anzusteigen.

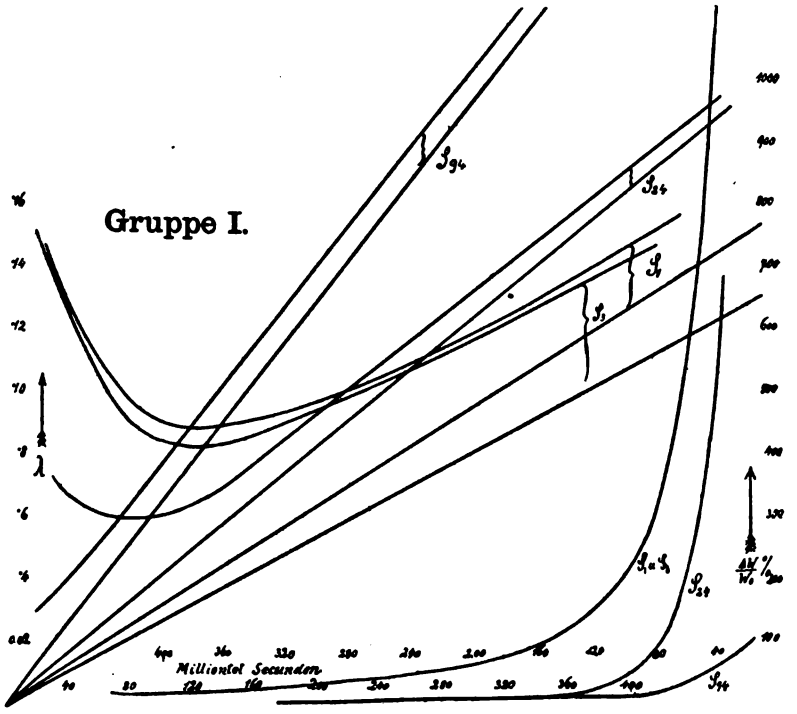
Einen Vergleich der Theorie mit dem Experimente will ich aus folgenden Gründen noch nicht ins Detail durchführen [dass Theorie und Experiment sich in den Umrissen decken, habe ich gezeigt]: Mit Sommerfeld habe ich unendliche Länge der Rollen vorausgesetzt. Die Skineffekt[1]) wird nun um so kleiner, wie leicht einzusehen, je mehr wir von dieser Bedingung abweichen. Oder mit andern Worten: wenn ich auf meine Rollen von so grundverschiedenen Längen die Theorie anwendete, würde ich Resultate erhalten, die sich nicht in Einklang bringen liessen, der Koeffizient $M$ würde scheinbar variieren. Dass meine Behauptung richtig ist, kann man daraus sehen, dass die Rolle $S_1$ mit nur 1 cm Länge trotz ihrer 23 Lagen keine wesentlich höhere Skinwirkung zeigt, als die Rolle $S_3$ mit ihren 7 Lagen und einer Länge von 3 cm.

Will man die Theorie mit dem Experiment vergleichen, so muss man für Rollen von gleicher Länge, aber verschiedener Lagenzahl die $\lambda$-Kurven aufnehmen.

---

[1]) Unter Skinwirkung bei Rollen hat man die Erscheinung zu verstehen, dass die elektrische Strömung sich immer mehr in die inneren Drahtschichten der Rollen zurückzieht, während die äusseren fast stromlos bleiben.

Digitized by Google




## Tabellen.

### Gruppe I.

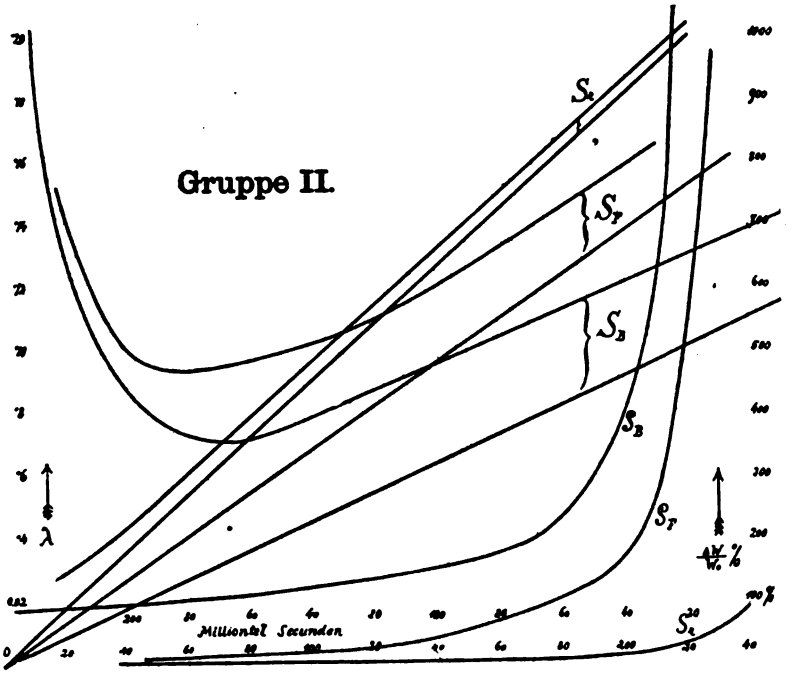
| $T \times 10^6$ sec. | $\lambda$ | $W_A$ | $\frac{\Delta W}{W_0}$ % | $L \times 10^{-3}$ cm |
|---|---|---|---|---|
| | $S_1$ | $W_0 = 2.89$ | $m = 24$ | |
| 429.22 | 0.15462 | 3.316 | 14.70 | 4601.8 |
| 334.64 | 0.12566 | 3.502 | 21.22 | 4662.9 |
| 235.11 | 0.10273 | 4.415 | 89.50 | 4603.7 |
| 135.26 | 0.08265 | 5.587 | 135.20 | 4572.0 |
| 95.26 | 0.08578 | 8.167 | 241.80 | 4534.8 |
| 74.04 | 0.09686 | 11.408 | 377.00 | 4565.6 |
| 42.96 | 0.12725 | 27.313 | 1042.00 | 4610.1 |
| 30.15 | 0.14443 | 43.505 | 1715.00 | 4540.1 |

Digitized by Google

## Gruppe I.

| $T \times 10^6$ sec. | $\lambda$ | $W_\lambda$ | $\frac{\Delta W}{W_0}$ % | $L \times 10^{-8}$ cm |
|---|---|---|---|---|
| | $S_8$ | $W_0 = 2.30$ | $m = 7$ | |
| 398.56 | 0.13773 | 2.745 | 19.33 | 3970.4 |
| 309.06 | 0.11780 | 3.032 | 31.80 | 3977.5 |
| 217.90 | 0.09990 | 3.626 | 57.70 | 3954.6 |
| 125.51 | 0.08875 | 5.567 | 142.00 | 3936.6 |
| 88.34 | 0.092907 | 8.204 | 258.20 | 3900.4 |
| 68.69 | 0.10409 | 11.926 | 463.00 | 3940.1 |
| 39.89 | 0.13220 | 26.349 | 1030.00 | 3974.8 |
| 28.25 | 0.14413 | 40.690 | 1690.00 | 3988.3 |
| $T \times 10^6$ sec. | $\lambda$ | $W$ | $\frac{\Delta W}{W_0}$ % | $L \times 10^{-8}$ cm |
| | $S_{34}$ | $W_0 = 3.40$ | $m = 2$ | |
| 404.80 | 0.17224 | 3.483 | 2.43 | 4092.6 |
| 315.18 | 0.13730 | 3.592 | 5.65 | 4109.9 |
| 219.60 | 0.10129 | 3.705 | 5.86 | 4016.6 |
| 130.04 | 0.06608 | 4.295 | 22.70 | 4225.7 |
| 92.58 | 0.06075 | 5.753 | 58.80 | 4283.5 |
| 73.84 | 0.05985 | 7.363 | 118.70 | 4541.4 |
| 47.32 | 0.06657 | 18.343 | 407.00 | 4594.9 |
| 37.20 | 0.06941 | 25.808 | 654.00 | 4915.3 |
| | $S_{34}$ | $W_0 = 5.57$ | $m = 1$ | |
| 420.63 | 0.27871 | 5.848 | 4.93 | 4413.4 |
| 325.45 | 0.21845 | 5.916 | 6.16 | 4406.7 |
| 230.58 | 0.15950 | 6.124 | 7.63 | 4426.8 |
| 132.20 | 0.09863 | 6.516 | 14.30 | 4367.0 |
| 93.08 | 0.06958 | 6.673 | 19.71 | 4329.9 |
| 72.27 | 0.05778 | 6.957 | 24.90 | 4350.6 |
| 42.04 | 0.04257 | 8.945 | 60.50 | 4416.4 |
| 29.84 | 0.03403 | 10.150 | 82.30 | 4449.7 |

Digitized by Google




## Tabellen.

### Gruppe II.

| $T \times 10^6$ sec. | λ | $W$ | $\frac{\Delta W}{W_0}$ % | $L \times 10^{-3}$ cm |
|---|---|---|---|---|
| | $S_B$ | $W_0 = 1.34$ | $m = 99$ | |
| 238.34 | 0.13570 | 1.617 | 83.00 | 1420.0 |
| 169.90 | 0.11098 | 1.911 | 117.00 | 1443.1 |
| 107.27 | 0.08169 | 2.492 | 183.00 | 1478.4 |
| 75.03 | 0.07150 | 2.683 | 205.00 | 1407.7 |
| 53.09 | 0.07710 | 4.190 | 376.00 | 1410.4 |
| 40.93 | 0.08980 | 5.600 | 537.00 | 1430.0 |
| 24.39 | 0.12180 | 14.854 | 1587.00 | 1486.9 |
| 10.06 | 0.19960 | 53.970 | 6030.00 | 1443.1 |

Digitized by Google

Gruppe II.

| $T \times 10^6$ sec. | $\lambda$ | $W$ | $\frac{\Delta W}{W_0}$ % | $L \times 10^{-3}$ cm |
|---|---|---|---|---|
| | $S_F$ | $W_0 = 1.38$ | | |
| 201.02 | 0.15942 | 1.601 | 16.00 | 1010.00 |
| 142.34 | 0.12378 | 1.761 | 27.60 | 1012.7 |
| 110.08 | 0.10703 | 1.963 | 45.30 | 1009.2 |
| 63.60 | 0.09527 | 3.028 | 124.10 | 1010.9 |
| 44.63 | 0.09843 | 4.391 | 208.00 | 995.6 |
| 34.94 | 0.11080 | 6.448 | 386.20 | 1016.6 |
| 20.46 | 0.14765 | 15.096 | 968.00 | 1046.1 |
| | $S_r$ | $W_0 = 2.00$ | $m = 1$ | |
| 210.66 | 0.19410 | 2.042 | 2.09 | 1109.2 |
| 148.41 | 0.14124 | 2.094 | 3.18 | 1100.9 |
| 115.51 | 0.11056 | 2.127 | 5.82 | 1111.3 |
| 94.75 | 0.09420 | 2.213 | 10.65 | 112.20 |
| 48.06 | 0.05026 | 2.415 | 18.96 | 1087.0 |
| 36.39 | 0.04177 | 2.533 | 22.95 | 1103.2 |
| 21.50 | 0.03010 | 3.235 | 57.00 | 1075.3 |

Zum Schlusse erfülle ich noch die angenehme Pflicht, Hrn. Prof. Dr. A. Kleiner für die meiner Arbeit entgegengebrachte Anteilnahme und seine fördernden Ratschläge herzlich zu danken.

Digitized by Google

# Die anatomischen Grundlagen der Immunität und Disposition bei Infektionskrankheiten.

Von

MARTIN B. SCHMIDT.

Akademische Antrittsrede, gehalten in der Aula der Universität Zürich am 1. Februar 1908.

---

Es mag sein, dass die pathologischen Anatomen bei den grossen Vorwärtsbewegungen der letzten Jahrzehnte auf bakteriologischem und biologischem Gebiet zeitweise ihre eigenen Wege gegangen sind und sich an der Ausbeutung derselben nicht mit aller Rührigkeit beteiligt haben. Aber wenn es Manchen schien, als ob ein Gegensatz oder wenigstens eine Rivalität zwischen den Bakteriologen und den pathologischen Anatomen aufkommen wolle, und als ob der Stern der pathologischen Anatomie, welcher mit Virchow aufgegangen war, durch andere Gestirne verdunkelt würde, so liegt darin ein unvollkommenes Verständnis für die Aufgaben. Unsere verschiedenen medizinischen Disziplinen können einander nicht entbehren; ihr Ziel ist das gleiche, die Erkenntnis aller Lebensvorgänge, und die letzten Jahre haben den Vertretern aller Fächer die Notwendigkeit eindringlich nahegelegt, ihr Fach unter allgemein biologischen Gesichtspunkten zu betreiben. Die wunderbaren Entdeckungen von der Bildung chemischer Schutzstoffe bei den verschiedensten Vergiftungen berühren und bereichern nicht nur eine Disziplin, sondern alle Zweige unserer Wissenschaft gleichmässig; es kommt nur darauf an, dass jede Disziplin die ihr zufallende Rolle zu erfassen weiss bei der Fülle der Fragen, welche sich damit auftun.

Wir haben die Infektionskrankheiten ganz anders zu beurteilen gelernt, seitdem wir durch die glänzenden Untersuchungen von Behring und namentlich Ehrlich wissen, dass unser Körper in weitem Umfange mit Kräften begabt ist, um Schädlichkeiten unschädlich zu machen. Sicherlich geschieht dies oft geräuschlos, ohne dass wir die Empfindung des Krankseins erhalten. Werden einem Tiere Bakterien oder ihre Gifte eingespritzt, so treten im Blute desselben Sub-



Digitized by Google

stanzen auf mit der Fähigkeit, die Bakterien zu vernichten und ihre Gifte zu neutralisieren, und wird statt der Bakterien ein pflanzliches Gift, z. B. das Ricin des Ricinussamens, oder Schlangengift eingespritzt, so entwickelt sich eine Substanz mit spezifischer Gegenwirkung; und wenn einem Kaninchen rote Blutkörperchen oder Leberzellen eines Meerschweinchens eingespritzt werden, so bildet es besondere Substanzen, welche imstande sind, das Blut des Meerschweinchens aufzulösen, oder die Leber des Meerschweinchens zu schädigen. Das Gemeinsame dieser vielfältigen neugebildeten Stoffe ist das, dass sie eine Gegenwirkung gegen die jedesmal eingespritzte Substanz ausüben, Schutzkörper sind.

Durch diese Erfahrungen ist es klar geworden, dass der Körper bei einer Infektionskrankheit sich nicht passiv verhält, sondern höchst aktiv, dass eine Infektion nicht von selbst abläuft, sondern dass der befallene Körper sie beendet. Ja, die Bakterien sterben schliesslich ab, aber nicht wie bei der Hefegärung dadurch, dass sie chemische Zersetzungen im Blut vornehmen, sondern dadurch, dass der Körper seinerseits die chemischen Gegengifte produziert; sie sind es, welche dem Körper für die Zukunft Immunität verleihen, d. h. Schutz gegen eine nochmalige Erkrankung derselben Art.

Woher stammen diese Kräfte? Wir kennen den grössten Teil jener Vorgänge nur aus dem Reagenzglas, in welchem die erworbene Schutzkraft des Blutes erprobt wird, und die Frage nach dem Woher? ist noch sehr mangelhaft geklärt. Was macht den Körper disponiert zur Erkrankung? Was macht ihn fähig, die Krankheit zu überwinden? Was macht ihn immun?

Disposition und Immunität stehen in innigster Abhängigkeit von einander, sind Antipoden. Die Disposition zur Erkrankung und zur Gesundung hängt zum grössten Teil davon ab, in welchem Grade die in uns schlummernden Kräfte der Gegenwirkungen zur Entwicklung kommen. Sicherlich ist die Quelle der Schutzstoffe in einer Tätigkeit der Zellen oder wenigstens der Gewebe zu suchen, aber von welchen Organen sie ausgehen, ist bisher nur zum geringen Teil klargestellt, und ein Verständnis dafür lässt sich nur aus dem Gang einer akuten Infektion gewinnen. Das grosse Getriebe, welches damit im Körper einsetzt, zu durchschauen, klarzustellen, was die Veränderungen der verschiedenen Organe in einer Infektionskrankheit bedeuten, gehört zu den Aufgaben des pathologischen Anatomen. Z. B. die Diphtherie ist nicht allein eine membranöse Entzündung der Rachenteile, sondern eine Erkrankung des ganzen Körpers: Ausser der sichtarsten und häufig allein sich bemerkbar machenden Affektion der

Digitized by Google

Schleimhaut und der davon abhängigen Lymphdrüsen finden sich Veränderungen des Blutes — Auftreten ungewöhnlicher Zellen in ihm, welche auf Störung des Knochenmarks hinweisen, der Milz, der Lymphdrüsen, und dies alles sind nicht Komplikationen, Zufälligkeiten, sondern sie gehören zum innersten Wesen der Krankheit; und weiter treten oft Veränderungen an Herz, Nieren, Nerven auf. Also der ganze Organismus arbeitet, und es stellt sich für den Anatomen die Aufgabe, die Gesamtheit der Organveränderungen zu eruieren und zu zeigen, welche Bedeutung die verschiedenen Veränderungen haben.

Bei der Schilderung, wo und wann sich die Schutzstoffe entwickeln, sehe ich ab von der natürlichen Immunität, der sogenannten Resistenz, welche manche Rassen vor bestimmten Infektionskrankheiten schützt; denn woher sie stammt, schwebt noch im Dunkel. Ich will hier nur die Disposition und Immunität des einzelnen Individuums zur Sprache bringen.

Im allgemeinen beginnt die Wirkung der Mikroorganismen, also die Infektion, sobald sie die Zellen der Bedeckungen durchdrungen haben und mit dem Bindegewebe, dem Träger der Blut- und Lymphgefässe in Berührung treten. Dies deckende Epithel ist im ganzen Körper, an allen Oberflächen, welche mit der bakterienhaltigen Aussenwelt in Verbindung treten können, also Haut, Schleimhaut der Verdauungswege und Respirationsorgane, so organisiert, dass es für Bakterien schwer passierbar ist, teils weil es eine vielschichtige Lage bildet, teils weil es mit einer Schleimschicht bedeckt ist. Nur das der Lungenbläschen, das einschichtige Lager platter Zellen, ist geneigt, staubförmige Elemente durchtreten zu lassen. Aber für sie liegt ein wesentlicher Schutz darin, dass der Zugang zu den Lungen durch die Bronchien geht, welche vermöge ihres flimmernden Epithels eingeatmete Kohle und Bakterien wieder nach aussen befördern, sofern dieselben nicht im Übermass eindringen. Die Gelegenheitsursachen für Lungenentzündungen, vor allem die Erkältungen, wirken offenbar dadurch, dass sie die Tätigkeit des Flimmerepithels hemmen, oder dadurch, dass sie durch tiefe Einatmungsbewegungen ein plötzliches Herabsaugen von bakterienhaltigem Material veranlassen.

Die Mandeln spielen eine grosse Rolle als Eingangspforte für Infektionskrankheiten: Die Angina, welche nicht selten z. B. den Gelenkrheumatismus, die akuten eitrigen Entzündungen des Knochenmarks usw. einleitet, wird wohl mit Recht darauf bezogen, dass hier die Eiterkokken den Körper betreten und ihre erste Wirkung entfalten. Die Infektion wird dabei durch besondere Epithelverhältnisse

Digitized by Google

begünstigt: zwar besitzen die Mandeln an der Oberfläche dieselbe vielschichtige Zellage wie die Mundschleimhaut, aber das normale Durchwandern farbloser Zellen aus der Tiefe nach der Oberfläche gräbt Kanäle in dieselbe, welche offenbar den Bakterien der Mundhöhle das Eindringen ermöglichen.

So sind die anatomisch greifbaren Schutzvorrichtungen beschaffen, welche überwunden werden müssen, damit überhaupt eine Infektion eintreten kann. Wir sind längst über die frühere Anschauung hinausgekommen, dass die Anwesenheit pathogener Bakterien allein zur Erkrankung führt. Die Diphtheriebazillen gelten für ubiquitär, auch die Erreger der Lungenentzündung und vieler Eiterungen sind gewöhnliche Bewohner unserer Aussenwelt. Dass dennoch die Infektion relativ selten eintritt, verdanken wir dem normalen Bau unserer Bedeckungen. Ein wesentlicher Teil der Disposition ist im Einzelfall der Insuffizienz dieses natürlichsten Schutzes, zuzuschreiben.

Auch nachdem die Bakterien in den Körper eingedrungen sind, ist noch nicht die Erkrankung notwendige Folge: Es gibt, individuell variierend, Stoffe im normalen Blut, welche die Bakterien zerstören. Die Quelle dieser vorgebildeten Substanzen ist nicht nachgewiesen, mit Wahrscheinlichkeit aber an denselben Stellen zu suchen, welche beim erkrankten Menschen die Schutzstoffe neu bilden.

Können sich die Bakterien im Körper soweit vermehren, dass sie eine gewisse Menge giftiger Substanz produzieren, so beginnt der Körper zu arbeiten, um die Schädlichkeit zu bekämpfen. Was als Krankheit erscheint, setzt sich zusammen

1. aus der Vergiftung verschiedener Organe durch die Bakteriengifte, welche sich äussert in Degeneration oder Absterben ihrer Zellen — so besonders der Nieren, der Leber, des Herzens; oder in Störungen der Funktion, namentlich des Gehirns;
2. aus entzündlichen Vorgängen, welche den Zweck haben, die Bakterien zu vernichten oder ihr Vordringen zu hindern;
3. aus erhöhter Tätigkeit gewisser Organe, mit dem Zwecke, chemische Substanzen zu produzieren, welche die Bakterien und ihre Gifte unschädlich machen.

Der Zusammenhang dieser vielfältigen Erscheinungen ist, wenn wir als Beispiel die einfachste und klarste Form, die Infektion mit Eiterkokken, wählen, folgender:

Die lokalen Erscheinungen der Krankheit sind direkte Wirkung der Bakterien, die allgemeinen, Fieber, Gehirnerscheinungen usw., Wirkung ihrer Gifte. Lokal entsteht an der Stelle der Bakterienansiedlung eitrige Entzündung; das Ziel dieser Entzündung ist Be-

Digitized by Google

schränkung der Infektion auf den Herd. Dies geschieht dadurch, dass die Eiterkörperchen einen Wall bilden, welcher das Vordringen der Bazillen hindern soll, und dadurch, dass die Zellen die Bakterien in sich aufnehmen und abtöten oder wenigstens unschädlich machen. Das Fortschreiten einer Entzündung, wie wir es z. B. bei der Wundrose oder den Sehnenscheideneiterungen sehen, setzt immer das Fortschreiten der Mikroorganismen voraus, die Entzündung folgt nach, hat keine selbständige Fähigkeit zur Ausbreitung. Ob an der Stelle der Entzündung regelmässig und in nennenswertem Masse chemische Schutzstoffe, Antikörper, gebildet werden, welche zusammen mit den Eiterzellen die Bakterien und ihre Angriffswaffen, die Gifte, bekämpfen, ist fraglich; es fehlen uns darüber sichere Erfahrungen: Beim Einspritzen eines Pflanzengiftes, des Abrin, in die Bindehaut des Auges ist an Ort und Stelle, und zwar nur an dieser, die Bildung des chemischen Antikörpers konstatiert worden. Aber ob dies auf die bakteriellen Infektionen Anwendung findet, darüber haben wir keine sicheren Kenntnisse.

So kann die Isolierung der Infektion gelingen, z. B. ein Furunkel heilen ohne alle Allgemeinerscheinungen, und bei manchen Organen, z. B. den Lungen, ist es etwas Häufiges, dass die Infektion lokal bleibt. Andere Male versagen die lokalen Waffen, die Allgemeinkrankheit folgt dadurch, dass die Bakterien und ihre Gifte aus dem ersten Herd in den Körper übertreten, durch Blut und Lymphe den Organen zugeführt werden. Wo verschleppte Bakterien in anderen Organen angesiedelt werden, entwickelt sich von neuem eine Entzündung mit der Tendenz, sie auf den Ort zu beschränken. Die zirkulierenden Gifte aber rufen die Allgemeinerscheinungen hervor und in Nieren, Leber und Herzmuskel die Zelldegenerationen.

In diesem Stadium, während die Gifte über den Körper verbreitet werden, treten im Blute die Schutzstoffe auf.

Woher stammen sie? Kommen sie aus den erkrankten Organen, werden sie bei der Degeneration der Zellen derselben frei? Wahrscheinlich nicht. Vom Menschen stehen uns noch wenig Erfahrungen zur Verfügung. Dagegen zeigen die Versuche am Tier, dass die Haupt-, wenn nicht einzige Rolle die blutbildenden Organe, vor allem das Knochenmark, weniger Milz und Lymphdrüsen, spielen. Für das Knochenmark, welches wir als Ursprungsort des grössten Teils der Blutzellen und der normalen Blutflüssigkeit ansehen, ist es unbestritten. Dasselbe besitzt eine Blutgefässeinrichtung, welche die Ablagerung von körperlichen Bestandteilen des Blutes, z. B. von künstlich eingespritzten Farbstoffen und so auch von Bakterien, besonders begünstigt. So finden wir überaus häufig bei Infektionskrankheiten

Digitized by Google

gerade im Knochenmark die betreffenden Bakterien wieder. Ob diese eingeschleppten Bakterien die Gifte liefern, oder ob, unabhängig von ihnen, die im ganzen Körper zirkulierenden Gifte wirksam sind, jedenfalls erfährt das Knochenmark an vielen Stellen des Körpers bei den Infektionskrankheiten eine Erweiterung seiner Blutgefässe und eine Wucherung seiner Zellen, und dieser erhöhten Aktivität, welche auch die bei Infektionskrankheiten überaus häufige Vermehrung der weissen Blutkörperchen im zirkulierenden Blut liefert, verdanken offenbar die Schutzkörper ihre Entstehung.

In der Milz sind beim Tier die Antikörper direkt nachgewiesen worden. Dass auch beim Menschen die Milz Teil an ihrer Produktion hat, hat man aus der Milzschwellung geschlossen, welche zu den gewöhnlichsten Erscheinungen akuter Infektionskrankheiten gehört. Wahrscheinlich trifft dies zu. Indessen ist die Entscheidung nicht leicht; denn die Milz besitzt ähnliche Gefässeinrichtungen wie das Knochenmark und vermöge dieser die gleiche Fähigkeit, körperliche Elemente des Blutes abzufangen, und bei Infektionskrankheiten kommt sicherlich ein grosser Teil der Schwellung von der Einlagerung zerstörter Blutkörperchen ins Milzgewebe her. — Als sicher kann also gelten, dass die Schutzkörper, welche die allgemeinen Infektionskrankheiten zur Heilung führen, zum wesentlichen Teil nicht in dem eigentlich erkrankten Organ bereitet werden, sondern in den blutbildenden Apparaten.

Man hat gesagt, dass das Schicksal eines an Lungenentzündung Leidenden nicht in seiner Lunge, sondern in seinem Knochenmark entschieden werde. Wenn dieser Satz auch der Bedeutung der lokalen Erkrankung zu wenig Rechnung trägt, so muss man immerhin sagen, dass die Disposition zur Heilung einer Infektionskrankheit von einem funktionstüchtigen Zustand des Knochenmarkes abhängt. Wir kennen die Kehrseite aus mannigfaltigen Erfahrungen:

Bei blutarmen Individuen verlaufen allgemeine Infektionen oft besonders schwer; und Ähnliches geschieht bei solchen Leukämischen, bei denen die fehlerhafte Mischung des Blutes zu einem Mangel an der funktionskräftigen Form der Blutzellen, der polynukleären Leukocyten geführt hat.

So sehen wir bei den akuten Infektionskrankheiten den ganzen Körper beteiligt: Es liegt Plan in einer infektiösen Entzündung, der Plan, den Körper gesunden zu lassen. Die Allgemeininfektion ist der Weg, auf welchem der Organismus für die Zukunft geschützt wird, Immunität erwirbt gegen eine spätere gleiche Infektion; für manche Krankheiten hält die Anwesenheit dieser Schutzstoffe Jahre lang an.

Digitized by Google

Nur dürfen wir, wenn wir die heilsame Tendenz der lokalen Entzündung hervorheben, nicht ihre schwere Bedeutung übersehen: Sie stellt eben einen wesentlichen Teil der Krankheit dar und ist oft tötlich, ehe eine nennenswerte Allgemeininfektion zu stande gekommen ist, z. B. die eitrige Hirnhautentzündung. Der immune Körper erwehrt sich unmerklich der Infektion, der nicht immune wendet eine grosse, ihn schädigende Aktion auf.

Also die individuelle Disposition für akute Infektionskrankheiten liegt in Folgendem: die Krankheit wird erworben, wenn die Möglichkeit des Eindringens der Bakterien in den nicht immunen Körper vorhanden ist; sie wird überwunden, wenn die lokalen Schutzvorgänge und die Schutzorgane in gehöriger Weise in Tätigkeit treten.

Dem stehen die chemischen Infektionskrankheiten, unter ihnen die bedeutsamste, die Tuberkulose, dadurch gegenüber, dass in ihnen die Gesamtvergiftung die geringere Rolle spielt als die lokale Erkrankung um die Ansiedelungsstellen der Bazillen; und ob diese tuberkulösen Herde eine Abwehrbedeutung besitzen wie die gewöhnlichen Entzündungen, ist problematisch. Es ist sehr zweifelhaft, ob gegen eine tuberkulöse Erkrankung eine Immunität derselben Art wie bei akuten Infektionskrankheiten, d. h. auf Grund von Schutzstoffen, existiert. Die Versuche, am Tier eine Immunität gegen Tuberkulose durch Erzeugung solcher Schutzstoffe herbeizuführen, haben bisher keine nennenswerten Resultate ergeben, nur dass bei den „immunisierten" Tieren die tötliche Allgemeininfektion etwas langsamer eintritt als bei nicht immunisierten.

Die Gelegenheit zur Erkrankung an Tuberkulose ist sehr gross und daneben die Zahl der ausgesprochen Erkrankten relativ klein. Aber dazwischen liegt eine grosse Zahl von Menschen, welche, meist ohne dass es zur Kenntnis kommt, eine tuberkulöse Affektion überstehen und zur Heilung bringen. Durch Untersuchungen, welche aus dem Kreis unserer hiesigen Kollegen stammen, hat sich herausgestellt, dass bei der grossen Überzahl der Menschen in den Lungen oder Lymphdrüsen narbige Veränderungen sich finden, welche auf einen kleinen ausgeheilten tuberkulösen Herd bezogen werden müssen.

Stellt man nebeneinander die verbreitete Möglichkeit der Infektion einerseits und die verhältnismässig geringe Zahl fortschreitender und tötlicher Erkrankungen andererseits, so ergibt sich daraus, dass eine besondere Disposition zu dieser fortschreitenden Erkrankung vorhanden sein muss, anderenfalls Heilung eintritt.

Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, dass solche Neigung

Digitized by Google

zur tuberkulösen Erkrankung ganze Familien trifft, also erblich ist. Worauf beruht diese erbliche Übertragung? Wird die Disposition von den Eltern den Kindern mitgegeben und die Krankheit selbst von diesen erst erworben, oder bringen die Kinder tuberkulöser Eltern schon die Erkrankung oder wenigstens die Tuberkelbazillen in ihren Organen mit zur Welt? Letztere Möglichkeit, eine angeborene Tuberkulose im strengsten Sinne, ist heute nicht mehr zu bezweifeln; die Infektion des Kindes vor der Geburt kann geschehen, wenn die Plazenta, das trennende Filter, welches alle körperlichen Elemente des mütterlichen Blutes von dem Kind fernhält, selbst erkrankt und die Bazillen in die Blutgefässe des Kindes überträgt. So wichtig an sich diese Erfahrungen sind, so stellen sie doch die Ausnahmen dar: Wenn bei einem Kind ein einziger Erkrankungsherd gefunden wird in einem Organ, welches mit der Aussenwelt nicht in Beziehung steht, z. B. in einem Knochen oder Gelenk, so mag man ein Recht haben, diese plazentare Übertragung zur Erklärung heranzuziehen. Aber im allgemeinen handelt es sich, wenn wir von Vererbung der Tuberkulose in Familien sprechen, nur darum, dass eine gewisse körperliche Disposition auf die Welt gebracht wird.

Nun kann man nicht davon sprechen, dass der ganze Mensch der Tuberkulose gegenüber disponiert oder immun ist, sondern seine einzelnen Organe geben den Ausschlag; das Schicksal des ganzen Menschen hängt davon ab, ob das Organ oder die Organe, welche zuerst von den Bazillen ergriffen werden, derselben Herr werden. Die Selbständigkeit der einzelnen Teile des Körpers in dieser Beziehung zeigt sich darin, dass zuweilen ein ganzes Organsystem allein oder bevorzugt erkrankt, z. B. ein grosser Teil der Knochen oder die Lymphdrüsen und die ihnen analogen Gaumenmandeln, bei einer chronischen Schwellung, die man lange Zeit in Verkennung ihres tuberkulösen Charakters den geschwulstartigen Prozessen nahegestellt hat.

Früher fiel die Disposition des Menschen zur Tuberkulose zusammen mit der Disposition der Lungen. Denn die Teilnahme der Lungen an der Erkrankung ist eine so dominierende, dass man in ihnen die gewöhnlichste Eintrittspforte für die Bazillen sah und seit Robert Koch die Einatmung der Tuberkelbazillen für die häufigste Art der Infektion. Alle anderen Infektionswege standen dagegen weit zurück an Bedeutung, so die vom Darmkanal aus, welche namentlich durch Genuss bazillenhaltiger Milch herbeigeführt wird, und erst recht die von der äusseren Haut aus: wir wissen, dass gelegentlich in eine Hautwunde Tuberkelbazillen eindringen und ein

Digitized by Google

tuberkulöses Geschwür hervorrufen können; aber dies sind seltene Vorkommnisse, welche noch seltener zu einer Verallgemeinerung über den Körper führen.

Wenn wir jetzt, ich möchte sagen, wieder auf dem Standpunkt stehen, dass die Inhalationstuberkulose das wichtigste ist, so hat sich dieser aus einer ganzen Reihe sich kreuzender Vorstellungen von neuem herausentwickelt, von denen ich einige zur Sprache bringen muss. Die bedeutungsvollste Erschütterung lag in der Erklärung, mit welcher v. Behring vor wenig Jahren die Welt überraschte, dass der Hauptteil der tuberkulösen Erkrankungen des Menschen, besonders der Lungenschwindsucht, nicht auf einer ursprünglichen Infektion der Lunge beruhe, sondern von den Verdauungswegen, Darm, Mandeln, Speiseröhre ausgehe und in das Säuglingsalter zurückverlegt werden müsse; die Krankheit des Erwachsenen breche auf Grund einer Infektion aus, welche in der frühsten Kindheit durch Milch stattgefunden habe und möglich gewesen sei dadurch, dass die Schleimhaut des kindlichen Darmes durchgängiger sei. Die Bazillen würden in der Zwischenzeit besonders in Lymphdrüsen zurückgehalten und der Lunge durch die Lymph- und Blutbahn zugeführt. In manchen Fällen würde der Ausbruch der Erkrankung durch eine zweite Infektion auf dem Boden der alten herbeigeführt, in der Regel werde nur durch die individuelle Lebensweise die längst latente Infektion zu einer floriden.

Also zwei absolute Gegensätze in der Auffassung: Lungeninfektion durch Einatmung in jeder Lebensepoche oder Darminfektion in der Kindheit durch die Nahrung. Natürlich beziehen sich die Gegensätze nur auf den gewöhnlichsten Infektionsmodus. Dass Beides vorkommen kann, ist unbestritten; aber das Ziel der Forschung ist, den häufigsten Weg der Erkrankung zu erkennen, um vorbeugend eingreifen zu können und die Disposition zu verstehen.

Mit den genannten Gegensätzen sind zwei Nebenfragen eng verknüpft:

1. Sind die Tuberkel-Bazillen des Menschen und des Rindes, durch dessen Produkte der Mensch erkranken soll, identisch? und
2. kann überhaupt die Lunge unter gewöhnlichen Bedingungen Bazillen so tief inhalieren, dass sie daran erkrankt, werden nicht die früher erwähnten Schutzmassregeln die Bazillen fernhalten?

Zunächst die Frage nach der Zusammengehörigkeit von Menschen- und Rindertuberkulose!

Wenn auch die anatomische Erscheinungsweise zwischen der menschlichen Tuberkulose und der Perlsucht des Rindes gewisse

Digitized by Google

Unterschiede erkennen lässt, wurde auf Grund einer weitgehenden Übereinstimmung der Bazillen ihre Identität angenommen, bis vor wenig Jahren Rob. Koch erklärte, dass die menschliche Tuberkulose von der des Rindes verschieden sei, nicht auf das Rind übertragen werden könne und eine Ansteckung des Menschen vom Rind, durch Milch oder Fleisch, überhaupt fraglich, jedenfalls sehr selten sei und keine Schutzmassregeln erfordere. Die Fülle der Arbeiten, welche sich an dieses Urteil unseres ersten Epidemiologen anschlossen, lassen keinen Zweifel darüber, dass Unterschiede zwischen den Tub.-Bazillen beiderlei Provenienz existieren, die Aufstellung zweier Typen, des Typ. humanus und bovinus, gerechtfertigt ist, aber sehr fraglich ist es, ob diese Verschiedenheiten es erlauben, zwei getrennte Arten und nicht vielmehr zwei Varietäten einer und derselben Art anzunehmen. Die Unterschiede bestehen nur in Abstufungen der Grösse, der Virulenz usw., nicht in qualitativen Verschiedenheiten wie z. B. zwischen Tuberkel- und Typhusbazillen, und neueste Untersuchungen legen den Gedanken nahe, dass die Verschiedenheit nur durch Anpassung desselben Bazillus an verschiedene Spezies, Mensch resp. Tier erworben ist. Aber mag dies auch unsicher bleiben, das hat sich herausgestellt, dass auch beim kranken Menschen der Typus bovinus als Erreger gefunden wird und zwar am häufigsten bei Kindern, bei denen ja oft die ausschliessliche Erkrankung der Darmschleimhaut und ihrer Lymphdrüsen annehmen lässt, dass die Infektion durch Milch erfolgt ist, dass es sich um sogenannte Fütterungstuberkulose handelt, andere Male aber auch bei Kranken mit dem gewöhnlichen Bild der Lungenschwindsucht oder allgemeinen Tuberkulose des Körpers.

Dies alles sind Untersuchungen neuesten Datums, nach denen man noch nichts über die Häufigkeit aussagen, nur feststellen muss, dass notorische Rindertuberkelbazillen den Menschen infizieren können. Wir dürfen daraus nicht ein pro oder contra in der Entscheidung über den gewöhnlichen Infektionsweg beim Menschen ableiten.

Der zweite Punkt, die Möglichkeit einer Infektion durch eingeatmete Luft, ist von v. Behring als unerwiesen abgelehnt worden, und um so eifriger sind die Erfahrungen revidiert worden, welche uns vorher diesen Vorgang als einen der wohlbegründetsten und geläufigsten der Pathologie hatten erscheinen lassen. Seit langem haben die Mediziner mit einer Gruppe von Krankheiten, den Pneumonokoniosen oder Staubinhalationskrankheiten, gerechnet, deren Wesen darin besteht, dass feste Körperchen mit der eingeatmeten Luft in die feinsten Endigungen des Atmungsapparates, die Lungenbläschen,

Digitized by Google

eingeführt und dort abgelagert werden, wenn sie fein genug sind, um auch von verhältnismässig feinen Luftströmen fortgetragen zu werden; sie dringen in das Gewebe der Lungen und rufen je nach der Gestalt und chemischen Eigenschaft mehr oder weniger heftige Reizerscheinungen hervor, werden gewöhnlich mit dem Saft- und Lymphstrom durch die Lungen in die zugehörigen Lymphdrüsen transportiert, um auch hier nach Intensität schwankende Entzündungen zu erzeugen. Und ferner können sie, den offenen Lymphbahnen folgend, in die Lymphdrüsen der Bauchhöhle gelangen und endlich in Blutgefässe einwandern und den verschiedensten Organen, Milz, Knochenmark, Leber usw., zugeführt und in ihnen deponiert werden, in so geringen Mengen freilich, dass diese Organe dadurch kaum einmal eine Schädigung erfahren. Die Art der Fremdkörper, welche man so mit dem Mikroskop aufdeckt, ist höchst mannigfaltig: Alles, was in der Luft schwebt, nehmen wir auf. Die Lunge eines jeden Menschen, welcher die ersten Lebensjahre überschritten hat, enthält zahlreiche schwarze Flecken, und während man früher dies „Lungenschwarz" für ein Produkt des Körpers ansah, wurde zuerst durch das tiefschwarze Aussehen der Lungen von Kohlenbergleuten in England, dann durch die mikroskopische Untersuchung sichergestellt, dass die feinen Körnchen, welche die Farbe verleihen, Kohlenstaub im weiteren Sinne, also pulverisierte Kohle, Russ, Lampenruss usw., sind und damit der Einfluss der Aussenwelt ausser Zweifel gestellt. Ferner gelingt es, den Sandstaub der Strasse im menschlichen Körper nachzuweisen in Form kleinster eckiger Splitter, deren Kieselsäure-Natur chemisch klargelegt wurde; die ersten Beobachtungen dieser Art stammen aus Genf, dessen häuserhohe Staubwolken seinen Bewohnern damit eine besonders dauerhafte Erinnerung einprägen. Noch viel weiter lässt sich diese Abhängigkeit der Lungen von der Aussenwelt treiben: Sie steht in engster Beziehung zu gewissen Beschäftigungen: In Fabriken, in deren Luft viel Eisenoxydstaub suspendiert ist, fand man massenhafte rote Ablagerungen in Lungen und Lymphdrüsen der Arbeiter, und bei Goldarbeitern ist es wiederholt gelungen, nach ihrem Tod das Gold und Silber aus den Organen wiederzugewinnen, man konnte das Metall durch Ausschmelzen in Form von Kugeln darstellen und aus den Lungen des Einzelnen Mengen bis zu 34 mgr nachweisen. Gerade diese exakte Methode zeigt nun, dass die Mengen des abgelagerten Staubs immer am grössten in den Lungen, nächstdem in Leber, Milz, Lungenlymphdrüsen usw. sind, und aus der Gesamtheit der genannten Beobachtungen drängt sich der Schluss auf, dass die staubförmigen Fremdkörper durch die Lungen unseren Organismus betreten. Be-

Digitized by Google

dürfte es noch weiterer Beweise, so wären dieselben vollgültig durch Tierversuche erbracht, in denen in der Luft der Ställe Russ verstäubt und zuerst in den Lungen wiedergefunden wurde und auf seinem weiteren Weg durch den Körper verfolgt werden konnte.

So klar alle diese Beobachtungen sprechen, mussten sie von neuem ins rechte Licht gesetzt werden, als v. Behrings Hypothese sie in Frage zog: „Wann die Könige bauen, haben die Kärrner zu tun"; es wurden zunächst Tierversuche bekannt gemacht, nach denen das Lungenschwarz durch Resorption von der Darmwand zu stande käme, verschluckter Russ die Darmschleimhaut durchdringe und auf Lymph- und Blutweg bis zur Lunge gelange, so wie es v. Behring für die Tuberkelbazillen annahm. Die Versuche waren aber unzureichend, schlossen gar nicht aus, dass beim Verschlucken der russhaltigen Nahrung oder beim Füttern derselben mit der Schlundsonde zugleich Material in die Luftwege aspiriert wurde. Exaktere Versuchsanordnungen haben keinen Zweifel gelassen, dass dies tatsächlich der Weg war, welcher bei den Tieren zur Färbung der Lungen führte, ferner aber das, dass bei Einspritzung von Farbstoff in die Bauchhöhle, von wo aus er resorbiert und über den Körper verteilt wird, die Lungen in der Ablagerung desselben keinerlei Vorrang vor den übrigen Organen besitzen, wie es doch bei der spontanen Pigmentierung der menschlichen Lungen der Fall ist.

So ist der Inhalationstheorie der Tuberkulose eine ihrer wichtigsten Stützen wiedergegeben.

Wer auf dem so begründeten Standpunkt steht, dass der Hauptteil der Lungenschwindsucht durch primäre Infektion der Atmungsorgane entsteht, wird für die Disposition des einzelnen in der Beschaffenheit der Lungen, resp. des Brustkrebs ein wesentliches Moment suchen. Gewiss nur eines, denn sicherlich müssen eine ganze Reihe Faktoren zusammenkommen, um die Infektion wirksam, zu einer fortschreitenden Erkrankung werden zu lassen, und wir haben von ihnen nur ganz allgemeine Vorstellungen, beschuldigen z. B. schlechte hygienische Verhältnisse. Ich möchte mich hier nur an die nachweisbare körperliche Disposition halten.

Die Tatsache, dass die tuberkulöse Infektion die Lungenspitzen ganz auffallend bevorzugt, ist längst bekannt, aber die treffende Erklärung dafür fehlte. Sie wurde in der allgemeinen Voraussetzung gefunden, dass die Spitzen mangelhaft ventiliert werden, jedoch gingen die Meinungen darüber auseinander, ob die Phase der Ein- oder der Ausatmung ungünstig bestellt sei, oder beide. In den letzten Jahren haben sich nun drei Beobachtungen zu einer greifbaren

Digitized by Google

Vorstellung darüber vereinigt, wodurch diese Spitzendisposition bedingt ist:

1. Es hat sich herausgestellt, dass der erste Beginn der Lungentuberkulose besonders oft in das Verzweigungsgebiet eines bestimmten Bronchialastes fällt, nämlich desjenigen, welcher den hinteren Teil der Spitze versorgt, und dass der ganze Anfang der Tuberkulose in der Wand dieses kleinen Bronchus liegt. Derselbe besitzt, wie Ausgüsse des gesamten Bronchialbaumes zeigen, einen besonderen Verlauf, er steigt nämlich vom Stammbronchus fast rechtwinklig nach oben, während alle sonstigen grösseren Äste entweder in der Richtung des Hauptrohres weiter laufen oder wenigstens unter stumpfen Winkeln abgehen; also die Luftbewegung ist in letzteren unbehindert, in dem aufsteigenden sehr erschwert. Kräftig respirierende Bronchien nehmen sicherlich reichlich Bazillen auf, befördern sie aber mit dem Luftstrom und dem schleimigen Sekret wieder nach aussen. In der Lungenspitze werden infektiöse Substanzen mit der Luft wohl spärlicher eingeatmet, sicher aber auch schwerer ausgeatmet, sie haften leichter als in anderen Lungenabschnitten.

Dies würde also eine allen Menschen zukommende grössere Disposition der Spitzen gegenüber der übrigen Lunge bedeuten und verstehen lassen, weshalb die unbemerkt ausgeheilten tuberkulösen Herdchen besonders in der Spitze gefunden werden. Wenn dennoch nur eine Auswahl der Menschen fortschreitend erkrankt, so müssen noch besondere Verhältnisse im Spiele sein, und diese liegen darin, dass gerade an dem für den Beginn der Tuberkulose bedeutungsvollen hinteren Aste des Bronchialbaumes Verkümmerungen und Verkrümmungen vorkommen, welche die respiratorische Funktion noch wesentlich verschlechtern. Dass dies individuell erworben wird, lässt sich daraus schliessen, dass die Oberfläche der Lungenspitze in solchen Fällen an der kritischen Stelle eine Furche zeigt, welche offenbar Ausdruck einer Kompression ist und die Verkrümmung und Verkümmerung der Bronchien bedingt. — Also damit wäre der zweite wichtige Punkt festgestellt, dass unter dem Einfluss mechanischer Momente, einer Einschnürung, die disponierende Verlaufsrichtung der Bronchien entsteht. — Und nun 3. woher stammt diese Furche? Sie stellt einen Eindruck der ersten Rippe dar. Die erste Rippe umkreist die Lungenspitze, und die Entfaltungsfähigkeit der letzteren ist von der Weite des Rippenbogens abhängig. Nun zeigen neue Untersuchungen, welche eine fast 50 Jahre alte Beobachtung wieder aufnehmen, dass diese erste Rippe nicht selten eine selbständige Wachstumsstörung durch mangelhafte Tätigkeit ihres Wachs-

Digitized by Google

tumsknorpels erfährt, sodass sie zu kurz bleibt und einen engen Bogen um die Lungenspitze beschreibt, und mit einem verfrühten Stillstand des Wachstums fällt dann oft eine Verknöcherung des Knorpels zusammen, welche zu einer Erstarrung des elastischen Rippenringes führt und seine Teilnahme an den Atembewegungen des Brustkorbs unmöglich macht. Wenn, wie oft, die beiderseitige erste Rippe dieser Störung verfällt, so entsteht daraus eine bedeutende Verengerung der oberen Apertur des Brustkorbs, in welche die Lungenspitzen emporragen. An die Stelle einer querovalen Kartenherzform tritt die längsovale, welcher eben gerade diejenigen seitlichen Ausbuchtungen fehlen, welche die Lungenspitzen aufnehmen; und dazu kommt, dass die Ebene der oberen Thoraxapertur stärker geneigt, also der Oberrand des Brustbeins gesenkt ist. Und nun zeigt sich, dass diese Anomalie zu derjenigen Gestalt des ganzen Brustkorbs führt, welche von jeher als ein Attribut der zur Lungentuberkulose disponierten gegolten hat: Der Brustkorb wird in seinem oberen Teil flach und eingezogen, der obere Abschnitt des Brustbeins, an dem das erste Rippenpaar ansetzt, zurückgehalten, sodass der Brustbeinwinkel stärker vorspringt, an den unteren Rippen entwickelt sich ein steilerer Verlauf mit Verlängerung des Brustkorbs, alles Zustände, welche den sogen. Habitus phthisicus charakterisieren.

So ist die Erklärung für diese besondere, disponierende Gestalt des Brustkorbs in einer selbständigen Wachstumsstörung der ersten Rippe gefunden, welche ihrerseits den Zustand der Lungenspitzen so beeinflusst, dass dadurch eine Zusammendrängung der an sich am ungünstigsten situierten Bronchialäste herbeigeführt wird, derjenigen, in welchen tatsächlich gewöhnlich die Tuberkulose beginnt.

Ich halte diese Kette der Beweise auch nach eigenen Erfahrungen für aufklärend.

Was macht nun die so verkümmerten Bronchien zu einem besonders günstigen Boden für die eingeführten Bazillen? Die Anwesenheit der Bazillen allein genügt nicht, sie müssen Gelegenheit haben, mit dem Gewebe selbst in Berührung zu treten. Offenbar sind hier katarrhalische Veränderungen der Schleimhaut wirksam, welche hier leichter auftreten und durch die erschwerte Herausbeförderung des schleimigen Sekretes einerseits die Vermehrung der Bazillen begünstigen, andererseits eine Schädigung des Schleimhautepithels und damit die Infektion des Gewebes herbeiführen.

Soweit hängt der Hergang von der Kompression der Bronchien ab. Weiterhin wirkt die schlechtere Blutversorgung: Vielleicht kann die Schnürung der Lungenspitze schon eine mangelhafte Blut-

Digitized by Google

zufuhr erzeugen; aber wichtiger ist wohl das, dass die Atembewegungen, welche einen wichtigen Faktor für die Blut- und Lymphbewegung in der Lunge darstellen, schwach sind oder fehlen. So resultiert ein verlangsamter Blutstrom und eine mangelhaftere Ernährung des Gewebes, welche gewiss nicht zu gering anzuschlagen ist, und eine Erschwerung des Lymphstromes, welche das Haften der Bazillen in der Lymphbahn erleichtern.

Alle diese Momente werden wirksam in der Zeit, wo nachweislich das mangelhafte Rippenwachstum am stärksten in die Erscheinung tritt, im mittleren und besonders späteren Jugendalter. Beim Kind liegen die Verhältnisse günstiger: Die Lungen vergrössern sich von der Geburt bis zum Ende des Wachstums auf ca. das 20-fache, aber nicht gleichmässig, sondern bis zur Pubertät, also innerhalb 14—15 Jahren, etwa aufs 10fache, und dann innerhalb der weiteren 5—6 Jahre nochmals um denselben Wert. Dabei steigen die Lungenspitzen erheblich empor, und damit ändert sich die Verlaufsrichtung der Spitzenbronchien, die relativ kurzen und sanft ansteigenden Äste werden länger und steil ansteigend, erlangen also erst allmählich diejenige anatomische Lage, welche eine Stagnation des Luftstromes und, bei vorhandenem Katarrh, des katarrhalischen Sekretes begünstigen. So erklärt es sich, dass die tuberkulösen Lungenerkrankungen der Kinder keine besondere Bevorzugung der Lungenspitzen erkennen lassen. Wenn im fortgeschrittneren und höheren Lebensalter erst die Erkrankung eintritt, die auch dann ihre Prädilektionsstelle in der Spitze hat, so ist wohl in der Regel nicht ein Einfluss der aus der Wachstumszeit stammenden Formveränderung der ersten Rippe zu erkennen, sondern eine erworbene Verkalkung und Verknöcherung des ersten Rippenknorpels, wie sie als häufige Abnutzungserscheinung bekannt ist; sie würde nicht die Einschnürung der Spitze herbeiführen, sondern nur durch Behinderung der Ventilation, des Blut- und Lymphstroms wirksam sein.

Legt man bei der juvenilen Verengerung des ersten Rippenringes der Beeinträchtigung der Blut- und Lymphbewegung neben der der Respiration eine wesentliche Bedeutung bei, so versteht man auch, weshalb in Fällen, wo notorisch der Tuberkelbazillus den Lungen nicht durch die Luft, sondern durch den Blutstrom, z. B. von einer älteren Erkrankung an anderer Körperstelle aus, zugeführt wird, ebenfalls die Hauptzerstörungen die Lungenspitzen treffen. Die eingeengten Lungenspitzen sind bei jeder Art der tuberkulösen Infektion ungünstiger gestellt. Dies macht die Beantwortung der Frage schwer, wie häufig der eine oder der andere Infektionsmodus massgebend ist, und ob in den Fällen, wo allein die Brustorgane erkrankt sind, die

Digitized by Google

eingeatmeten Bazillen direkt in der Lunge festgehalten oder erst in die Bronchialdrüsen abgeführt und auf Lymph- oder Blutweg wieder in das Lungengewebe transportiert worden sind. Bei Infektion durch Inhalation bedingen sie das Fortschreiten der Erkrankung, stehen der Ausheilung im Wege, bei hämatogener Infektion sind sie bestimmend für die Lokalisation des Herdes.

Weitere Untersuchungen werden lehren müssen, wie gross das Gewicht dieser mechanisch bedingten, anatomischen Disposition der Lungenspitzen neben den übrigen, variabeln und schwer definierbaren disponierenden Faktoren ist. Wird man sagen können, ein Mensch wird fortschreitend krank an Tuberkulose, weil seine Lungenspitzen durch die Raumbeengung dafür geneigt sind, würde gesund bleiben, resp. eine der häufig vorkommenden Infektionen ausheilen, wenn die Lungenspitzen anders situiert wären, so müsste man die Konsequenz ziehen, die Disposition zur Lungenspitzentuberkulose operativ anzugreifen. In der Tat ist neuerdings energisch der Vorschlag gemacht worden, bei bestehender Verkürzung und Verknöcherung der ersten Rippe ihre Durchschneidung vorzunehmen und dadurch der Lungenspitze eine grössere Beweglichkeit und günstigere Inspiration zu geben. Dieser Vorschlag knüpft an die Beobachtung an, dass bisweilen die verkürzte Rippe spontan durchtrennt, mit einer Art Gelenk versehen, gefunden wird, offenbar eine Folge stärkerer Zerrung der an ihr ansetzenden Atemmuskeln; es würde dies als eine Art Selbstheilung aufgefasst werden können.

* * *

Über einem pathologischen Institute stehen die Worte:

Hic locus est ubi mors gaudet succurrere vitæ.

Hier ist die Stätte, wo der Tod freudig dem Leben Nutzen bringt.

Dies charakterisiert trefflich die Bestimmung unserer Institute.

Wollen Sie auch aus meinen kurzen Darlegungen das entnehmen, dass der Pathologe, welcher dem Gang der Krankheiten nachforscht, nicht nur Trübes sieht, sondern einen tiefen Blick tut in die wunderbaren Einrichtungen des menschlichen Organismus, welche ihn befähigen, sich der Krankheiten zu erwehren.

Digitized by Google

# Zur Thermodynamik der vollkommenen Gase.

Von

A. Fliegner.

Bei den Untersuchungen über das Verhalten der vollkommenen Gase wird noch fast ausnahmslos von der Zustandsgleichung in der einfachen Gestalt

$$pv = RT \tag{1}$$

ausgegangen, sowie von der Annahme, dass die spezifischen Wärmen $c_p$ bei konstantem Drucke und $c_v$ bei konstantem Volumen je konstant seien. Nur bei der Berechnung des Verbrennungsvorganges in Gas- und Petroleummaschinen wird $c_v$ neuerdings veränderlich eingeführt, entsprechend den Versuchen von Mallard und Le Chatelier und von Langen. Dass und warum ich diesen Versuchen keine entscheidende Beweiskraft beimessen kann, habe ich in dieser Vierteljahrsschrift schon früher begründet[1]). Ich habe sogar geglaubt, aus der ersten Versuchsreihe den Schluss ziehen zu dürfen, dass sich $c_v$ bis zu einer Temperatur von 2000° C. nicht merklich ändert.

In der physikalisch-technischen Reichsanstalt in Berlin-Charlottenburg sind nun in den letzten Jahren Versuche über das Verhalten der spezifischen Wärme bei konstantem Drucke durchgeführt worden. Die erste Reihe von Holborn und Austin[2]) ging bis 800° C. und ergab eine Zunahme von $c_p$ mit der Temperatur, aber doch nur eine so geringe, dass sie die Beobachter selbst als vielleicht noch innerhalb der Grenzen der unvermeidlichen Beobachtungsfehler liegend erklärten. Später haben dann Holborn und Henning von vollkommenen Gasen den Stickstoff bis 1400° C. untersucht[3]) und dabei eine deutlich ausgesprochene Zunahme von $c_p$ mit der Temperatur gefunden. Sie leiten aus den Versuchen für die mittlere

[1]) 1899, 44. Jahrgang, S. 192 und 1905, 50. Jahrgang, S. 516.
[2]) Sitzungsberichte d. Akad. d. Wissenschaften Berlin, 1905, S. 175—178.
[3]) Ann. d. Physik, 1907, Bd. 23, S. 841.



Digitized by Google

spezifische Wärme $\overline{c_v}$ zwischen $0^\circ$ und $t^\circ$ C. die empirische Formel ab:

$$\overline{c_p} = 0{,}2350 + 0{,}000\,019\ t. \tag{2}$$

Das würde für die augenblickliche spezifische Wärme $c_p$ bei der Temperatur $t$ ergeben:

$$c_p = 0{,}2350 + 0{,}000\,038\ t. \tag{3}$$

Es fragt sich aber, ob man diese veränderliche spezifische Wärme gleichzeitig mit der Zustandsgleichung in der einfachen Gestalt der Glchg. (1) verwenden und daraus dann weitere Schlüsse ziehen darf.

Zwischen den beiden spezifischen Wärmen $c_p$ und $c_v$ und den aus der Zustandsgleichung folgenden partiellen Derivierten bestehen allgemein folgende Beziehungen:

$$\left(\frac{\partial c_p}{\partial p}\right)_T = -AT\left(\frac{\partial^2 v}{\partial T^2}\right)_p, \qquad \left(\frac{\partial c_v}{\partial v}\right)_T = AT\left(\frac{\partial^2 p}{\partial T^2}\right)_v, \tag{4) (5}$$

$$c_p - c_v = AT\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p. \tag{6}$$

Die Zustandsgleichung (1) ergibt nun:

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v = \frac{R}{v}, \qquad \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p = \frac{R}{p}, \tag{7) (8}$$

und daher

$$\left(\frac{\partial^2 p}{\partial T^2}\right)_v = 0, \qquad \left(\frac{\partial^2 v}{\partial T^2}\right)_p = 0. \tag{9) (10}$$

Führt man die beiden letzten Ergebnisse in Glchg. (4) und (5) ein, so folgt:

$$\left(\frac{\partial c_p}{\partial p}\right)_T = 0, \qquad \left(\frac{\partial c_v}{\partial v}\right)_T = 0, \tag{11) (12}$$

und hieraus ist ersichtlich, dass $c_p$ von $p$, $c_v$ von $v$ unabhängig sein muss, dass sich aber beide Werte zunächst noch ganz beliebig mit der Temperatur ändern dürften. Setzt man dagegen die Derivierten aus Glchg. (7) und (8) in (6) ein und berücksichtigt man dabei Glchg. (1), so erhält man noch die bekannte Beziehung:

$$c_p - c_v = AR. \tag{13}$$

Aus ihr folgt nun, dass $c_p$ und $c_v$ je ein konstantes additives Glied enthalten müssen und dass, wenn noch eine Funktion der Temperatur dazu treten soll, diese bei beiden Werten die gleiche sein muss. So lange also die beiden spezifischen Wärmen den Gesetzen folgen:

Digitized by Google

$$c_p = a + \varphi(T), \qquad c_v = b + \varphi(T), \qquad (14)\ (15)$$

$$a - b = AR, \qquad (16)$$

so stehen sie in Übereinstimmung mit der Zustandsgleichung (1). Die von Holborn und Henning gegebene lineare Formel (3) für $c_p$ genügt nun der Glchg. (14) und sie darf daher mit Glchg. (1) zusammen angewendet werden.

Nach Glchg. (16) geht dann auch das zugehörige $c_v$ zu berechnen. Dazu wähle ich für $R$ ausdrücklich den kleinsten Wert, den ich bei Stickstoff nach neueren Versuchen angegeben gefunden habe, nämlich $R = 30{,}107$ [1]), während ich $A = 1/427$ einführe. Damit wird $AR = 0{,}0705$, und daraus folgt für die spezifische Wärme bei konstantem Volumen:

$$c_v = 0{,}1645 + 0{,}000\,038\ t. \qquad (17)$$

In der nachstehenden Zahlentafel habe ich in den Spalten 2 u. 3 die Werte von $c_p$ und $c_v$ für einige in Spalte 1 angegebene Temperaturen zusammengestellt.

| | Hollborn und Henning. Stickstoff. | | | | | Stevens. Luft. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $t$ | $c_p$ | $c_v$ | $\varkappa$ | $\delta\varkappa$ | $\frac{\varkappa}{\varkappa_0}$ | $\varkappa$ | $\delta\varkappa$ | $\frac{\varkappa}{\varkappa_0}$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | 0,2350 | 0,1645 | 1,429 | 10 | 1 | 1,4006 | 1,3 | 1 |
| 100 | 0,2388 | 0,1683 | 1,419 | 9 | 0,9930 | 1,3993 | 5,1 | 0,9991 |
| 200 | 0,2426 | 0,1721 | 1,410 | 9 | 0,9867 | — | | — |
| 300 | 0,2464 | 0,1759 | 1,401 | 9 | 0,9804 | 1,389 | 6,5 | 0,9917 |
| 400 | 0,2502 | 0,1797 | 1,392 | 8 | 0,9741 | — | | — |
| 500 | 0,2540 | 0,1835 | 1,384 | 8 | 0,9685 | 1,376 | 7,2 | 0,9824 |
| 600 | 0,2578 | 0,1873 | 1,376 | 7 | 0,9629 | — | | — |
| 700 | 0,2616 | 0,1911 | 1,369 | 7 | 0,9580 | — | | — |
| 750 | — | — | — | | — | 1,358 | 7,2 | 0,9696 |
| 800 | 0,2654 | 0,1949 | 1,362 | 7 | 0,9531 | — | | — |
| 900 | 0,2692 | 0,1987 | 1,355 | 7 | 0,9482 | — | | — |
| 1000 | 0,2730 | 0,2025 | 1,348 | | 0,9433 | 1,340 | | 0,9567 |

Mit diesen Werten liess sich nun das Verhältnis der beiden spezifischen Wärmen:

$$\frac{c_p}{c_v} = \varkappa = \frac{0{,}2350 + 0{,}000\,038\ t}{0{,}1645 + 0{,}000\,038\ t} \qquad (18)$$

berechnen; das gab die Werte der 4. Spalte. Wie schon aus Glchg. (18) folgt, nimmt $\varkappa$ mit wachsender Temperatur stetig, aber immer lang-

[1]) Nach Rayleigh berechnet. Wiedemann, Beiblätter 1893, S. 686.

Digitized by Google

samer ab, und es würde sich asymptotisch der Einheit nähern, wenn die Formel so weit benützt werden dürfte.

Die Zahlentafel zeigt nun zunächst für $\varkappa$ bei $t = 0°$ C. den auffallend grossen Wert $\varkappa_0 = 1{,}429$. Hätte ich einen grössern Wert von $R$ benutzt, so wären $AR$, $c_p - c_v$ und daher auch $\varkappa_0$ noch grösser ausgefallen. Mit dem üblichen Werte $R = 30{,}132$ nach Regnault hätte sich allerdings erst in der vierten Dezimale ein Unterschied gezeigt. Um aber $\varkappa_0$ möglichst herunterzuziehen, habe ich es doch vorgezogen, mit dem kleinsten bisher beobachteten Werte von $R$ zu rechnen. Im Gegensatze zu diesem grossen Werte von $\varkappa_0$ haben alle übrigen Bestimmungen bei niedrigeren Temperaturen für Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Luft übereinstimmend auf Werte geführt, die, auf zwei Dezimalen abgerundet, zwischen höchstens 1,40 und 1,41 liegen, ein Wert geht sogar bis auf 1,30 hinunter. Diese Werte werden in der Zahlentafel, die ersten zwischen 200 und 300 ° C., der letzte überhaupt nicht erreicht. Damit $\varkappa_0$ aus Glchg. (18) nicht grösser wird als 1,41, müsste die Konstante mindestens bei $c_p$ den Wert 0,2425, bei $c_v$ 0,1720 erhalten, und das sind auch ungefähr die Werte, die sich sonst für diese Grössen angegeben finden.

Für Luft hat Stevens [1]) bei Versuchen über Schallgeschwindigkeiten ebenfalls eine bedeutendere Abnahme von $\varkappa$ mit wachsender Temperatur beobachtet. Seine Werte finden sich in der 7. Spalte der Zahlentafel angegeben. Sie beginnen mit einem Werte von $\varkappa_0 = 1{,}4006$, der also mit den sonst beobachteten gut übereinstimmt, während er von dem der 4. Spalte beträchtlich abweicht. Auch weiterhin verläuft die Kurve $\varkappa$ über $t$ nach Stevens wesentlich anders, als die nach Holborn und Henning berechnete. Um das zeigen zu können, habe ich zunächst in den Spalten 5 und 8 die Differenzen $\delta\varkappa$ für je 100° Temperaturzunahme in Einheiten der dritten Dezimale berechnet. Während diese Differenzen in Spalte 5 stetig, aber immer langsamer abnehmen, wachsen sie in Spalte 8 anfangs sehr rasch, um von etwa 500 ° C. an angenähert konstant zu bleiben. Die Kurve $\varkappa$ über $t$ nach Stevens scheint bei $t = 0°$ mit einer horizontalen Tangente zu beginnen. Ferner habe ich in den Spalten 6 und 9 die Quotienten der einzelnen Werte von $\varkappa$, dividiert durch den zugehörigen Wert von $\varkappa_0$, zusammengestellt. Sie zeigen, dass das nach Holborn und Henning berechnete $\varkappa$ auf dem Gebiete der Zahlentafel auch verhältnismässig rascher abnimmt, als das von Stevens angegebene. Bis 1000 ° C. beträgt die Abnahme im ersten Falle 5,67 v. H. des Wertes bei 0 °, im letzten nur 4,33 v. H.

[1]) Verhandlgn. d. deutsch. physik. Ges. 1901, S. 54. — Ann. d. Physik, 1902, Bd. 7, S. 285—320.

Digitized by Google

Nun hat aber Kalähne[1]) die Versuche von Stevens nachgeprüft und dabei gefunden, dass das von Stevens zur Messung der Temperaturen benutzte Thermoelement unrichtig geeicht war, und zwar in dem Sinne, dass $\varkappa$ mit den unmittelbaren Ablesungen berechnet zu klein ausfallen musste. Kalähne hat dann die Versuche in etwas abgeänderter Anordnung, aber mit einem genauer geeichten Thermoelement wiederholt und hat „bis 450° jedenfalls keine Verkleinerung von $\varkappa$ bemerkt". Weiterhin nimmt $\varkappa$ etwas ab, „in Anbetracht der Schwierigkeiten, welche die Messungen bieten, kann aber diese Abweichung wohl noch auf Beobachtungsfehlern beruhen". Doch gibt Kalähne zu, dass $\varkappa$ bei 900° auf etwa 1,39 abgenommen haben könne.

Neuerdings hat Buckendahl[2]) die gleiche Untersuchung für Stickstoff durchgeführt, mit 960° als höchster Temperatur. Er findet zwischen 0° und 960° eine Abnahme von $\varkappa$ um nur 0,56 v. H., das ist rund 1/10 der Abnahme nach Spalte 6 der Zahlentafel.

Aus Versuchen über Schallgeschwindigkeit, die von Wüllner, von Blaikley und von Violle und Vauthier angestellt worden waren, berechnet Leduc[3]) für trockene Luft den Wert von $\varkappa$ bei 0° zu 1,4040, bei 100° zu 1,4031. Der Quotient des letzten Wertes durch den ersten ist 0,99936, so dass sich $\varkappa$ auf diesem Gebiete verhältnismässig weniger ändern würde, als nach Stevens, nämlich nur etwa halb so stark. Gegenüber den Werten nach Holborn und Henning würde diese Änderung sogar nur etwa 1/16 betragen.

Abgesehen von den weniger sicheren Versuchen von Stevens haben also alle übrigen eine nur sehr geringe, aber, wie es scheint, beschleunigte Abnahme von $\varkappa$ mit wachsender Temperatur ergeben. Wenn dem gegenüber aus den Versuchen von Holborn und Henning für $\varkappa$ ein auffallend hoher Anfangswert und dann eine raschere und verzögerte Abnahme folgt, so führt das doch auf die Vermutung, dass bei diesen Versuchen eine noch nicht beachtete Fehlerquelle mit im Spiele gewesen sein muss. Allerdings bin ich nicht in der Lage, anzugeben, wo diese etwa zu suchen wäre.

Immerhin deuten aber alle Versuche übereinstimmend auf eine gewisse, wenn auch kleine Abnahme von $\varkappa$ mit steigender Temperatur hin. Eine solche Abnahme kann nun nur durch eine gleichzeitige Zunahme der spezifischen Wärmen veranlasst werden. Wenn diese sich aber ändern, so gelten die üblichen Gleichungen über das Ver-

---

[1]) Ann. d. Physik, 1903, Bd. 11, S. 225—256.
[2]) Beiblätter, 1907, Bd. 31, S. 587, Nr. 16.
[3]) C. R. 1898, Bd. 127, S. 659—662.

Digitized by Google

halten der vollkommenen Gase gar nicht mehr, und ich will daher einmal untersuchen, welche andern dann an ihre Stelle treten müssten.

Dabei benutze ich die Zustandsgleichung zunächst auch in der einfachen Gestalt der Glchg. (1), so dass die beiden partiellen Derivierten der Temperatur werden würden:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_v = \frac{v}{R}, \qquad \left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_p = \frac{p}{R}. \tag{19) (20}$$

Für die spezifischen Wärmen nehme ich in erster Annäherung nur ein lineares Wachsen mit der Temperatur an, wie in den Glchgn. (3) und (17). Um aber in den weiteren Formeln nur eine Art von Temperaturen zu erhalten, führe ich gleich die absolute Temperatur ein. Dadurch verkleinern sich die konstanten Glieder zwar, sie bleiben aber bei den dortigen, in dieser Richtung ungünstigeren Zahlenwerten doch positiv, und daher folgen für die beiden spezifischen Wärmen Ausdrücke von der Form:

$$c_p = a + \varepsilon T, \qquad c_v = b + \varepsilon T. \tag{21) (22}$$

Die beiden Konstanten $a$ und $b$ müssen dabei noch der Bedingung der Glchg. (16) genügen.

Bei den weiteren Entwicklungen benütze ich die in der technischen Literatur üblichen Bezeichnungen und allgemeinen Gleichungen der Thermodynamik, wie sie sich z. B. bei Grashof, Theoretische Maschinenlehre, Bd. I, Seite 91 bis 97, zusammengestellt finden. Zunächst ergeben sich die beiden mit $X$ und $Y$ bezeichneten Funktionen von $p$ und $v$ nach den obigen Gleichungen (19) bis (22) zu:

$$X \equiv \frac{c_v}{A}\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_v = (b + \varepsilon T)\frac{v}{AR} = \left(b + \frac{\varepsilon}{R} p v\right)\frac{v}{AR}, \tag{23}$$

$$Y \equiv \frac{c_p}{A}\left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_p = (a + \varepsilon T)\frac{p}{AR} = \left(a + \frac{\varepsilon}{R} p v\right)\frac{p}{AR}. \tag{24}$$

Mit dem letzten Wert und mit Glchg. (16) bestimmt sich jetzt die Funktion $Z \equiv Y - p$ zu:

$$Z = (a + \varepsilon T - AR)\frac{p}{AR} = (b + \varepsilon T)\frac{p}{AR}. \tag{25}$$

$X$ und $Z$ sind die beiden partiellen Derivierten der inneren Arbeit $U$ nach Druck und spezifischem Volumen, $dU = X dp + Z dv$. Setzt man sie aus Glchg. (23) und (25) ein und berücksichtigt man noch die Zustandsgleichung, so erhält man zunächst:

Digitized by Google

$$dU = \frac{b+\varepsilon T}{AR}(v\,dp + p\,dv) = \frac{b+\varepsilon T}{AR}\,d(pv) = \frac{b+\varepsilon T}{A}\,dT, \quad (26)$$

und daraus durch Integration $U$ selbst zu:

$$U = \frac{1}{A}(b\,T + {}^1/_2\,\varepsilon\,T^2) + U_0. \quad (27)$$

Wäre in den Glchgn. (21) und (22) statt $\varepsilon T$ irgend eine andere Funktion $\varphi(T)$ eingeführt worden, so hätte das zweite Glied in der Klammer der Glchg. (27) die Gestalt $\int \varphi(T)\,dT$ angenommen, $U$ wäre aber doch von der Temperatur allein abhängig geblieben. Diese Eigenschaft erscheint daher nur als Folge der einfachen Gestalt der benutzten Zustandsgleichung.

Die verschiedenen Formen der Gleichung für die mitzuteilende Wärmemenge nehmen hier die Gestalt an:

$$dQ = A(dU + p\,dv) = (b+\varepsilon T)\,dT + Ap\,dv), \quad (28)$$

$$dQ = A(X dp + Y dv) = \frac{1}{R}(bv\,dp + ap\,dv) + \frac{\varepsilon}{R^2}\,pv\,d(pv), \quad (29)$$

$$dQ = c_v\left(dT + \frac{T}{X}\,dv\right) = (b+\varepsilon T)\,dT + ART\frac{dv}{v}, \quad (30)$$

$$dQ = c_p\left(dT - \frac{T}{Y}\,dp\right) = (a+\varepsilon T)\,dT - ART\frac{dp}{p}. \quad (31)$$

Es wäre auch möglich, den Quotienten $c_p/c_v = \varkappa$ in die Gleichungen einzuführen, doch würde das nichts nützen, weil dieses $\varkappa$ in für Integrationen unbequemer Weise von der Temperatur abhängig wäre.

Die verschiedenen Zustandsänderungen will ich nur so weit behandeln, als sich für die veränderlichen spezifischen Wärmen von den sonstigen abweichende Formeln ergeben.

Für konstanten Druck und konstantes Volumen ändern sich nur die Ausdrücke für die mitzuteilenden Wärmemengen, und zwar werden diese hier, nach Glchg. (31) und (30):

$$dQ_p = (a+\varepsilon T)\,dT, \qquad dQ_v = (b+\varepsilon T)\,dT. \quad (32)\ (33)$$

Integriert man sie von einem Anfangszustand $_1$ bis zu einem Endzustand $_2$, so erhält man:

$$Q_p = a(T_2 - T_1) + {}^1/_2\,\varepsilon(T_2^2 - T_1^2) = (T_2 - T_1)\left[a + \varepsilon\frac{T_1+T_2}{2}\right]. \quad (34)$$

Für $Q_v$ tritt nur $b$ an die Stelle von $a$. In der letzten Form dieses Ausdruckes ist die mittlere Temperatur zwischen $T_1$ und $T_2$ enthalten, die eckige Klammer bedeutet daher den Mittelwert der zugehörigen spezifischen Wärme zwischen den beiden Grenztemperaturen.

Digitized by Google

Für die isothermische Kurve bleiben die alten Formeln ungeändert gültig, weil in ihnen die beiden spezifischen Wärmen gar nicht auftreten. Die isodynamische Kurve fällt hier ebenfalls mit der isothermischen zusammen.

Anders steht es mit der Adiabate. Um diese Kurve zu untersuchen, erscheint es zweckmässig, von der Änderung der Entropie $dS = dQ/T$ auszugehen. Für diese Grösse folgt zunächst durch Division der drei Gleichungen (29) bis (31) für $dQ$ mit $T$ oder $pv/R$:

$$dS = b\frac{dp}{p} + a\frac{dv}{v} + \varepsilon\frac{d(pv)}{R} = \left(\frac{b}{T} + \varepsilon\right)dT + AR\frac{dv}{v}$$

$$= \left(\frac{a}{T} + \varepsilon\right)dT - AR\frac{dp}{p}. \qquad (35)$$

Integriert man, zieht man zusammen und ersetzt man $AR$ nach Glchg. (16) durch $a - b$, so erhält man schliesslich für die Entropie die drei Ausdrücke:

$$S = \lg\left(p^b v^a\right) + \varepsilon\frac{pv}{R} + S_0, \qquad (36)$$

$$S = \lg\left(T^b v^{a-b}\right) + \varepsilon T + S_0, \qquad (37)$$

$$S = \lg\left(T^a p^{-(a-b)}\right) + \varepsilon T + S_0. \qquad (38)$$

Die Gleichung der Adiabate in der Form $f(p, v) = 0$ folgt nun aus Glchg. (36) zu:

$$\lg\left(p^b v^a\right) + \varepsilon\frac{pv}{R} = \text{const.} \qquad (39)$$

Sie wird also hier für beide Zustandsgrössen $p$ und $v$ transzendent, so dass sie für gewöhnliche Rechnungen gar nicht benutzt werden kann. Dagegen ergeben die Glchgn. (37) und (38) brauchbare Ausdrücke, nämlich:

$$\lg\left(T^b v^{a-b}\right) + \varepsilon T = \text{const.} \qquad (40)$$

$$\lg\left(T^a p^{-(a-b)}\right) + \varepsilon T = \text{const.} \qquad (41)$$

Aus diesen beiden Gleichungen lassen sich $v$ und $p$ in Funktion von $T$ unmittelbar berechnen, so dass beide zusammen auch die Doppelgleichung der Adiabate in $p$ und $v$ bilden würden, mit der Temperatur als Urvariabelen. Wäre man dagegen genötigt, von einer der beiden anderen Grössen $p$ oder $v$ als Urvariabeler auszugehen, so hätte man auch ein umständliches Probieren nötig.

Die äussere Arbeit $W_S$ auf der Adiabate lässt sich dagegen leicht aus Glchg. (28) berechnen. Setzt man darin $dQ = 0$, so folgt:

Digitized by Google

$$A\,d\,W_S = A\,p\,dv = -\,(b + \varepsilon\,T)\,d\,T. \tag{42}$$

Die rechte Seite ist dem Zahlenwerte nach gleich der rechten Seite der Glchg. (33), nur hat sie das entgegengesetzte Vorzeichen, weil der Wärmewert der äusseren Arbeit auf der Adiabate gleich ist der Wärmemenge, die bei konstantem Volumen für die gleiche Temperaturabnahme entzogen werden müsste. Die Integration liefert:

$$A\,W_S = -\,Q_v = (T_1 - T_2)\left[b + \varepsilon\,\frac{T_1 + T_2}{2}\right]. \tag{43}$$

Ausser den bis jetzt besprochenen Zustandsänderungen wird bei den vollkommenen Gasen sonst noch oft die polytropische benutzt, bei der die spezifische Wärme konstant bleibt, aber jeden beliebigen Zahlenwert besitzen kann. Will man hier bei den veränderlichen Werten von $c_p$ und $c_v$ ähnliche Verallgemeinerungen erhalten, wie dort, so muss man

$$d\,Q = (c + \varepsilon\,T)\,d\,T \tag{44}$$

annehmen, wobei $c$ eine beliebige, im allgemeinen von $a$ und $b$ verschiedene Konstante bedeutet. Dividiert man die Gleichung mit $T$, so erhält man für die Änderung der Entropie auf dieser Kurve:

$$d\,S_c = \frac{d\,Q}{T} = \left(\frac{c}{T} + \varepsilon\right) d\,T = \left(\frac{c\,R}{p\,v} + \varepsilon\right) \frac{d\,(p\,v)}{R}. \tag{45}$$

Setzt man diesen Wert gleich den allgemeinen Werten von $d\,S$ aus Glchg. (35), so fallen in den einzelnen Gleichungen die mit $\varepsilon$ multiplizierten Glieder weg und es bleiben folgende drei Beziehungen übrig:

$$b\,\frac{d\,p}{p} + a\,\frac{d\,v}{v} - c\,\frac{d\,(p\,v)}{p\,v} = d\,\lg\left(p^{b-c}\,v^{a-c}\right) = 0, \tag{46}$$

$$(b - c)\,\frac{d\,T}{T} + (a - b)\,\frac{d\,v}{v} = d\,\lg\left(T^{b-c}\,v^{a-b}\right) = 0, \tag{47}$$

$$(a - c)\,\frac{d\,T}{T} - (a - b)\,\frac{d\,p}{p} = d\,\lg\left(T^{a-c}\,p^{-(a-b)}\right) = 0. \tag{48}$$

Dividiert man nun je mit dem ersten Exponenten unter dem lgn weg und bezeichnet man kurz:

$$\frac{a - c}{b - c} \equiv \lambda, \tag{49}$$

so werden zunächst die andern Exponenten:

$$\frac{a - b}{b - c} = \lambda - 1 \quad \text{und} \quad \frac{a - b}{a - c} = \frac{\lambda - 1}{\lambda}, \tag{50) (51}$$

und damit folgen aus den Glchgn. (46) bis (48) für diese polytropische Kurve die Beziehungen:

Digitized by Google

$$p\,v^{\lambda} = \text{const.}, \quad T\,v^{\lambda-1} = \text{const.}, \quad T\,p^{-\frac{\lambda-1}{\lambda}} = \text{const.} \quad (52)\ (53)\ (54)$$

Glchg. (52) zeigt, dass die Annahme der Glchg. (44) auf die gleiche Gestalt der Kurve führt, wie sonst; auch der Zusammenhang zwischen $T$ einer- und $v$ oder $p$ anderseits bleibt der alte. Daher gelten auch die dortigen Ausdrücke für die äussere Arbeit. Nur die Wärmemitteilung berechnet sich anders. Sie wird nach Glchg. (44), wenn man noch $c$ nach Glchg. (49) durch $\lambda$ ausdrückt:

$$Q_{\lambda} = (T_2 - T_1)\left[\frac{\lambda b - a}{\lambda - 1} + \varepsilon\,\frac{T_1 + T_2}{2}\right]. \quad (55)$$

Von den vorher besprochenen Kurven gehen als Sonderfälle aus dieser polytropischen herzuleiten: Die Kurve konstanten Druckes für $c = a$ mit $\lambda = 0$, die Kurve konstanten Volumens für $c = b$ mit $\lambda = \infty$ und von der isothermischen und isodynamischen Kurve wenigstens die Gleichung für $\lambda = 1$ mit $c = \infty$, während die Ausdrücke für die äussere Arbeit und die Wärmemitteilung dafür unbestimmte Formen annehmen. Die Adiabate erscheint dagegen nicht als Sonderfall.

Man hätte aber von der sonstigen Polytrope auch die Forderung der Konstanz der zugehörigen spezifischen Wärme mit herübernehmen und verlangen können:

$$dQ = c\,dT. \quad (56)$$

Dividiert man jetzt wieder mit $T$, so erhält man für die Änderung der Entropie:

$$dS = c\,\frac{dT}{T} = c\left(\frac{dp}{p} + \frac{dv}{v}\right). \quad (57)$$

Setzt man diese Werte in die mehrfache Gleichung (35) ein und formt dann um, wie früher, so findet man für den Zusammenhang der Zustandsgrössen die drei Ausdrücke:

$$\lg\left(p^{b-c}\,v^{a-c}\right) + \varepsilon\,\frac{p\,v}{R} = \text{const.} \quad (58)$$

$$\lg\left(T^{b-c}\,v^{a-b}\right) + \varepsilon\,T = \text{const.} \quad (59)$$

$$\lg\left(T^{a-c}\,p^{-(a-b)}\right) + \varepsilon\,T = \text{const.} \quad (60)$$

Diese Gleichungen sind wesentlich gleich gebaut, wie bei der Adiabate, nur treten in den Exponenten an die Stelle der einfachen Grössen $a$ und $b$ die Differenzen $a - c$ und $b - c$. Dasselbe gilt dann auch von der äusseren Arbeit, die man erhält, wenn man in Glchg. (43) $b$ durch $b - c$ ersetzt. Die Benutzung dieser Kurve würde also gleich umständliche Rechnungen erfordern, wie die der Adiabate.

Digitized by Google

Als besondere Fälle dieser Polytrope lassen sich nur herleiten: die Adiabate für $c = 0$ und von der Isotherme die Gleichung für $c = \infty$, während die Ausdrücke für die äussere Arbeit und die Wärmemitteilung auch hier unbestimmte Formen annehmen.

Die bis jetzt besprochenen Versuche über die spezifischen Wärmen und ihren Quotienten haben nur eine Abhängigkeit dieser Grössen von der Temperatur berücksichtigt. Nun hat aber Lussana auch eine Zunahme von $c_p$ mit dem Drucke beobachtet.[1]) Er hat aus seinen Versuchen zuerst einen linearen, später einen quadratischen Zusammenhang $c_p = f(p)$ hergeleitet, führt dabei aber die Temperatur nicht mit ein. Begnügt man sich in erster Annäherung mit einem linearen Ausdrucke, so kann man setzen:

$$c_p = A(\alpha + \beta p). \tag{61}$$

$\alpha$ und $\beta$ sind Konstanten; den Faktor $A$ habe ich hinzugefügt, um die weiteren Gleichungen teilweise etwas bequemer schreiben zu können.

Eine von $p$ abhängige spezifische Wärme $c_p$ steht aber nicht mehr im Einklange mit der einfachen Zustandsgleichung $pv = RT$, und es muss daher zunächst eine neue solche Gleichung aufgesucht werden. Zu diesem Zwecke folgt aus Glchg. (61)

$$\left(\frac{\partial c_p}{\partial p}\right)_T = A\beta, \tag{62}$$

das in Glchg. (4) eingesetzt gibt:

$$\left(\frac{\partial^2 v}{\partial T^2}\right)_p = -\frac{\beta}{T}. \tag{63}$$

Integriert man diesen Ausdruck zweimal partiell nach $T$, so erhält man die gesuchte Zustandsgleichung, welche der Bedingung (61) entspricht, in der allgemeinen Gestalt:

$$v = -\beta T(\lg T - 1) + T\varphi(p) + \psi(p). \tag{64}$$

$\varphi(p)$ und $\psi(p)$ sind die beiden Integrationskonstanten, die im vorliegenden Falle beide Funktionen des Druckes sein können. Ihre Gestalt müsste aus Versuchen bestimmt werden. $\psi(p)$ im Besonderen stellt ein Volumen dar; es wäre das Molekularvolumen der sonstigen allgemeinen Zustandsgleichungen, das also hier höchstens vom Druck abhängen könnte. Um aber weiterhin möglichst einfache Ausdrücke zu erhalten, will ich annehmen, es sei zulässig,

$$\psi(p) = \text{const.} = 0 \tag{65}$$

[1]) Nuovo Cimento, (3), 36, S. 134, 1894 — (4), 1, S. 327, 1895 u. (4), 7, S. 374, 1898.

Digitized by Google

zu setzen. Die andere Integrationskonstante $\varphi(p)$ dagegen muss als Funktion von $p$ eingeführt werden, damit der Druck überhaupt in der Zustandsgleichung auftritt. Will man auch das Produkt $pv$ in die Gleichung hinein bekommen und diese doch noch in möglichst einfacher Gestalt erhalten, so muss man

$$\varphi(p) = \frac{R}{p} \tag{66}$$

einführen, wo $R$ eine Konstante bezeichnet. Das gibt als Zustandsgleichung:

$$pv = [R - \beta p (\lg T - 1)] T. \tag{67}$$

Mit diesen Annahmen berechnet sich nach Glchg. (6) die spezifische Wärme bei konstantem Volumen zunächst zu:

$$c_v = A \left(\alpha + \beta p - \frac{(R - \beta p \lg T)^2}{R}\right), \tag{68}$$

oder, wenn $p$ nach Glchg. (67) eliminiert wird, zu:

$$c_v = A \left(\alpha + R \frac{3\beta T v - v^2 + \beta^2 T^2 (\lg T - 2)}{[v + \beta T (\lg T - 1)]^2}\right). \tag{69}$$

Dieser Ausdruck für $c_v$ ist so gebaut, dass die Wärmemenge, welche bei konstantem Volumen für eine endliche Temperaturerhöhung mitgeteilt werden muss, gar nicht geschlossen dargestellt werden kann. Ausserdem ist die Zustandsgleichung nach $T$ transzendent, so dass diese Grösse nicht zu eliminieren geht. Daher ist es auch unmöglich, Arbeiten und Wärmemitteilungen durch den Druck und das spezifische Volumen darzustellen. Ich unterlasse daher eine weitere Formelentwickelung.

Wollte man in Glchg. (61) für $c_p$ gleichzeitig in erster Annäherung eine lineare Zunahme mit der Temperatur einführen, so könnte man das dadurch erreichen, dass man in der Klammer noch ein drittes additives Glied, z. B. $\varepsilon T$, hinzufügt. Dadurch würde sich die partielle Derivierte $(\partial c_p/\partial p)_T$ der Glchg. (62) nicht ändern, und man erhielte daher auch die vorige Zustandsgleichung (64) oder (67). Dagegen käme in den Ausdrücken der Glchgn. (68) und (69) für $c_v$ in der Hauptklammer noch $\varepsilon T$ als additives Glied hinzu.

Man kann aber eine lineare Zunahme mit der Temperatur auch dadurch in Glchg. (61) hineinbringen, dass man in dem Gliede mit $p$ noch eine lineare Temperaturfunktion als Faktor hinzufügt. Gleichzeitig kann man $p$ durch eine lineare, zweigliedrige Funktion von $p$ ersetzen. Dabei muss man mindestens den einen dieser Faktoren zweigliedrig annehmen, damit $p$ und $T$ verschieden grossen Einfluss

Digitized by Google

auf $c_p$ erhalten. Die weiteren Gleichungen werden einfacher, wenn man $T$ als eingliedrigen Faktor einführt und setzt:

$$c_p = A\,[\alpha + 2\,\beta\,(p - p_0)\,T]. \tag{70}$$

Hieraus folgt zunächst:

$$\left(\frac{\partial\, c_p}{\partial\, p}\right)_T = 2\,A\,\beta\,T, \tag{71}$$

und daher weiter nach Glchg. (4):

$$\left(\frac{\partial^2 v}{\partial\, T^2}\right)_p = -\,2\,\beta. \tag{72}$$

Integriert man diese Gleichung zweimal partiell nach $T$ und bezeichnet man die Integrationskonstanten wie in Glchg. (64), so erhält man die zugehörige Zustandsgleichung in der allgemeinen Gestalt:

$$v = -\,\beta\,T^2 + T\,\varphi\,(p) + \psi\,(p). \tag{73}$$

Macht man weiter über $\psi\,(p)$ und $\varphi\,(p)$ die gleichen Annahmen, wie vorhin in den Glchgn. (65) und (66), so wird die Zustandsgleichung in möglichst einfacher Gestalt

$$p\,v = (R - \beta\,p\,T)\,T. \tag{74}$$

Diese Gleichung ist nach $T$ nicht mehr transzendent, sie gestattet also, $T = f\,(p\,v)$ auszudrücken, aber doch nur mit einer für die weiteren Rechnungen unbequemen Quadratwurzel. Die spezifische Wärme bei konstantem Volumen berechnet sich nach Glchg. (6) mit (74) zu:

$$c_v = A\left[\alpha + 2\,\beta\,(p - p_0)\,T - \frac{(R - 2\,\beta\,p\,T)^2}{R}\right], \tag{75}$$

oder, wenn man $p$ nach Glchg. (74) durch $T$ und $v$ ausdrückt, zu:

$$c_v = A\left[\alpha + 2\,\beta\,T\left(\frac{R\,T}{v + \beta\,T^2} - p_0\right) - R\left(\frac{v - \beta\,T^2}{v + \beta\,T^2}\right)^2\right]. \tag{76}$$

Dieser Wert von $c_v$ enthält nur ganze und rationale gebrochene Funktionen von $T$. Daher ginge hier die Wärmemitteilung bei konstantem Volumen für eine endliche Temperaturzunahme geschlossen darzustellen; die Integration würde aber doch auf transzendente Ausdrücke führen. Auch die übrigen Formeln zur Beurteilung der Vorgänge an Gasen würden unter der letzten Annahme recht verwickelt ausfallen, so dass ich auf deren Entwickelung verzichte, und das um

Digitized by Google

so mehr, als die Zulässigkeit einer Zustandsgleichung von der Gestalt der Glchg. (74) noch gar nicht durch Versuche nachgewiesen ist.

Die letzten beiden Zustandsgleichungen (67) und (74) lassen sich noch in der gemeinschaftlichen Form schreiben:

$$p\,v = (R - p\,\Theta)\,T, \tag{77}$$

wobei $\Theta$ im ersten Falle $= \beta\,(\lg T - 1)$ wäre, im zweiten $= \beta\,T$. Nun wird $\lg T$ nur für Temperaturen unter $e = 2{,}7183^{0}$ abs. kleiner als die Einheit, also für Temperaturen, die weit unter der kritischen aller Gase liegen, mit Ausnahme etwa des Heliums. Für solche Temperaturen würden aber jedenfalls andere, noch verwickeltere Gleichungen gelten. Daher würde auf dem ganzen Anwendungsgebiete der Glchg. (77) die Funktion $\Theta$ positiv bleiben. Ausserdem würde sie mit steigender Temperatur zunehmen. Die Gleichung lässt sich nun noch in der Form schreiben:

$$p\,(v + \Theta\,T) = R\,T, \tag{78}$$

und in dieser Form tritt $\Theta\,T$ als Kovolumen mit positivem Vorzeichen auf. Die Gleichung würde also auch durch negative Volume befriedigt werden, und daraus folgt, dass sie nur ein beschränktes Geltungsgebiet besitzen könnte: man dürfte sie nur für sehr grosse Volume benutzen. Diese Eigenschaft teilt sie übrigens mit einigen der Zustandsgleichungen, die für überhitzten Wasserdampf aufgestellt worden sind, z. B. der von Zeuner und der von Tumlirz.

Die zuletzt entwickelte Zustandsgleichung lässt in der Gestalt (77) noch eine Eigenschaft erkennen, die aus einem andern Grunde auffällig erscheinen könnte: der Faktor von $T$ auf der rechten Seite nimmt mit wachsender Temperatur ab. Nun sind alle bisher auf das Verhalten der spezifischen Wärmen untersuchten Gase zweiatomige gewesen, und da lag es nahe, eine Zunahme von $c_p$ und $c_v$ mit steigender Temperatur als Folge namentlich von einer fortschreitenden Dissoziation anzusehen. Ein in Dissoziation begriffenes Gas ist aber kein homogener Körper mehr, sondern ein Gemenge von mehratomigen Molekeln und von dissoziierten Atomen. Gilt nun auch für jeden Bestandteil genügend genau die Zustandsgleichung $p\,v = R\,T$, so hat doch jeder eine andere Konstante, bei zweiatomigen Gasen die Molekeln $R$, die Atome dagegen $2\,R$. Sind dabei von 1 kg $x$ kg dissoziiert, $(1 - x)$ kg noch ursprüngliche Molekeln, so würde das Gemenge als Konstante der Zustandsgleichung erhalten:

$$R_g = (1 - x)\,R + x\,2\,R = (1 + x)\,R. \tag{79}$$

Digitized by Google

$x$ ist eine Funktion der Temperatur, deren nähere Berechnung ich früher einmal versucht habe.[1]) Nimmt man in erster Annäherung für verhältnismässig niedrige Temperaturen einen linearen Zusammenhang an, setzt man also:

$$x = \varepsilon T, \tag{80}$$

so erhält man als Zustandsgleichung:

$$p v = (1 + \varepsilon T) R T. \tag{81}$$

Hier würde also, umgekehrt wie in Glchg. (77), der Faktor von $T$ gleichzeitig mit der Temperatur wachsen. Berechnet man dann mit dieser Zustandsgleichung die spezifischen Wärmen nach den Glchgn. (4) bis (6), so erhält man:

$$c_p = -2\varepsilon A R T \lg n\, p + \varphi(T), \tag{82}$$

$$c_v = 2\varepsilon A R T \lg n\, v + \psi(T), \tag{83}$$

$$c_p - c_v = A R \frac{(1 + 2\varepsilon T)^2}{1 + \varepsilon T}. \tag{84}$$

Aus diesen Gleichungen folgt noch als Bedingung für die beiden Temperaturfunktionen $\varphi(T)$ und $\psi(T)$:

$$\varphi(T) - \psi(T) = 2\varepsilon A R T \lg n\,(p v) + A R \frac{(1 + 2\varepsilon T)^2}{1 + \varepsilon T}. \tag{85}$$

Die Zustandsgleichung (81) führt also auf eine Abnahme von $c_p$ mit wachsendem Drucke, während die Versuche auf ein umgekehrtes Verhalten hindeuten. Hieraus wird man schliessen müssen, dass der Verlauf der spezifischen Wärmen doch nicht ausschliesslich, ja sogar nicht einmal hauptsächlich durch die Dissoziation bestimmt wird, dass vielmehr andere Einflüsse ausschlaggebend sind. Und das würde die schon von andern Seiten ausgesprochene Anschauung unterstützen, dass durch die zunehmende Erwärmung eine Auflockerung der Molekeln veranlasst wird, durch welche der gegenseitige mittlere Abstand der Atome in den Molekeln wächst. Die mittlere Gleichgewichtslage zweier Atome wird nun in der Entfernung zu suchen sein, in der sich die gegenseitigen anziehenden und abstossenden Kräfte gerade das Gleichgewicht halten. Da man aber kaum eine Abhängigkeit der anziehenden Kräfte von der Temperatur wird annehmen dürfen, so müssten die abstossenden Kräfte mit der Temperatur wachsen. Und das liesse sich wohl am einfachsten dadurch erklären, dass sich die Atome selbst mit steigender Temperatur ebenfalls ausdehnen und sich

[1]) Diese Vierteljahrsschrift, 1900, S. 137.

Digitized by Google

daher nicht mehr so weit nähern können, wie vorher. Sie würden dann als Aggregate noch kleinerer Urbestandteile diese Eigenschaft der Ausdehnbarkeit mit allen übrigen Körpern gemein haben.

Die vorstehenden Untersuchungen zeigen, dass jede Annahme über eine Veränderlichkeit der spezifischen Wärmen der Gase immer auf verwickeltere Gleichungen führt. Wenn einmal eine solche Veränderlichkeit durch verschiedene, unter sich genügend übereinstimmende Versuche hinreichend sicher festgestellt sein wird, so wird man natürlich zu den zugehörigen verwickelteren Gleichungen übergehen müssen. Allerdings wird es dabei wahrscheinlich nötig werden, wie das für Kohlensäure schon geschehen ist, zu vorausberechneten Hilfstabellen zu greifen.

Einstweilen stimmen aber die vorhandenen Versuchsergebnisse dazu unter sich noch nicht genügend überein, und es erscheint daher auch noch nicht an der Zeit, die bisher üblichen einfachen Formeln zu verlassen. Man wird also auch noch weiterhin mit der Zustandsgleichung $p\,v = R\,T$ rechnen und die spezifischen Wärmen bei konstantem Druck und konstantem Volumen je als konstant ansehen dürfen.

Digitized by Google

# Der
# Granatolivinfels des Gordunotales und seine Begleitgesteine[1]).

Von

U. Grubenmann.

Drei bis vier Kilometer nördlich von Bellinzona öffnet sich vom Tale des Tessins aus in westlicher Richtung das kurze, steil ansteigende Alpental von Gorduno, dessen Bach sich in die Ostwest streichenden und steil Süd fallenden Schichten eines aplitisch stark injizierten Biotitgneisses von wechselnder Beschaffenheit tief eingeschnitten hat. Am Ausgange des Tales liegt das kleine Dorf Gorduno, von wo man auf rauhen und steilen Bergpfaden, an grösseren und kleineren Gruppen von Alphütten vorbei, der linken Talseite folgend in 3—4 Stunden nach der Alpe di Arrami (1440 m) aufsteigt. Dort ist man überrascht, das bisherige Grauweiss der injizierten Gneisse in auffallender Weise unterbrochen zu sehen durch den gelbbraunen Farbenton vieler Blöcke, die im Gelände westlich der Alphütten unregelmässig zerstreut liegen. Beim Anschlagen mit dem Hammer erkennt man in ihnen sofort einen gelbgrünen körnigen Olivinfels und ist erfreut, unter ihnen auch Stücke zu finden, die erbsen- bis haselnussgrosse Granaten von leuchtend rubinroter bis blutroter Farbe einschliessen. Felstrümmer dieser Art stürzen gelegentlich durch Lawinen und Rüfenen ab in den Bergbach, der der Talschlucht entströmt, und führten als Gerölle zur Entdeckung dieses hübschen Vorkommens. Im Granat einen Edelstein vermutend, ging Herr Ernesto Mancini von Gorduno, Postbeamter in Bellinzona, im Jahre 1904 dem Bache nach aufwärts. Nach langem und infolge schwieriger Terrainverhältnisse mühsamem Steigen und Klettern stiess er im Hintergrunde des Tales auf eine grössere Felsmasse, die aus dem gesuchten Gestein bestand, und gelangte höher schliesslich zu den

[1]) Vergl. das Sitzungsprotokoll vom 10. Dezember 1906.



Digitized by Google

erwähnten Felsblöcken von Arrami. Er unterliess nicht, sich sofort das ausschliessliche Ausbeutungsrecht des Gesteinsvorkommens zu sichern, da die Sage ging, schon die Mailänder Herzöge aus dem Hause Sforza hätten aus der Talschaft von Gorduno kostbare Rubine bezogen [1]). — Im Frühjahr 1905 sandte Herr Bezirksförster Albisetti von Bellinzona einige schöne Belegstücke an das eidgenössische Polytechnikum, und im Herbste 1906 gelang es mir endlich, mit den Herren Albisetti und Mancini die obgenannte Lokalität kurz zu besuchen. Ein Jahr später verbrachte ich dort einige Tage, um das ganze Vorkommen genauer zu studieren, wobei wieder die Familie Mancini mich in meinen Bestrebungen in der entgegenkommendsten und wirksamsten Weise unterstützte, sodass ich gerne den Anlass benutze, sowohl ihr, als auch Herrn Albisetti, für ihre wertvollen Hülfeleistungen meinen aufrichtigsten Dank zu bezeugen.

Der östliche Kontakt zwischen den injizierten Gneissen und dem Olivinfels liegt unter der Rasenbedeckung der Alpe di Arrami verborgen; das erste anstehende Olivingestein trifft man etwa 150 m weiter westlich in ungefähr 1470 m Höhe, Ostwest streichend und eine steil gegen Süd fallende Bankung zeigend. Diese ersten Felsenriffe sind zuckerkörnig, von geringer Kornfestigkeit und zeigen eine deutlich erkennbare Schieferungstendenz, nebst schwachen Spuren von Serpentinisierung. In unmittelbarer Nähe finden sich Blöcke mit kelyphitisierten Granaten, deren Individuen, weil sie der Verwitterung besser widerstehen, als grüne warzenförmige Erhöhungen aus der rostigen Gesteinsoberfläche herausragen. Es lassen sich auch viele Stücke finden, in denen die Granathülle, statt aus den dunkelgrünen Strahlen des Kelyphits, aus feinen grünlichweissen Schuppen besteht. Nur im allerfrischesten Gestein legt sich das Grün des Olivins unmittelbar an das leuchtende Rot des Granats, einen prächtigen Farbenkontrast erzeugend. Verfolgt man den Viehweg, der gegen den im Westen liegenden Gipfel des Gaggio aufsteigt, so erreicht man nach etwa 1 km in 1520 m Höhe ein eklogitisches Gestein von mittlerem Korn und gelegentlich schlieriger Verteilung von Granat und Augit. Auch lose Blöcke von Granatamphibolit, neben seltenem gewöhnlichem Amphibolit, lassen sich dort finden. Auf den Eklogit folgt hier eine schmale Lage von Serpentin mit Chloritknollen, deren Blätterung mit dem Streichen und Fallen der anliegenden Gneisse in Kon-

[1]) Hier liegt wahrscheinlich eine Verwechslung mit dem tessinischen Campo lungo vor, wo bekanntlich s. Z. grössere Rubine gefunden und ausgebeutet wurden. Das mineralogische Museum des Polytechnikums besitzt eine Reihe prächtiger Exemplare von dort. Vergl. A. Kenngott, Minerale der Schweiz. — L. Lavizzari, Escursioni nel Cantone Ticino.

Digitized by Google

kordanz steht. Nordwärts höher aufsteigend kommt man bei 1560 m zum Kulminationspunkt des Granatolivinfelses, der dort deutlich Ostwest streicht und mit 60 Grad südlich einfällt. Seine Absonderung in etwa 1 cm dicke Blätter entspricht der in der Umgebung herrschenden Schieferung. Unmittelbar über ihm liegt Eklogit in einer Mächtigkeit von 25 m; bei 1585 m stellen sich wieder injizierte Gneisse ein, in konkordanter Lagerung. Weiter nördlich am Abhang folgen nun steile und tiefe Abstürze in ein grosses Blockmeer von Granatolivinfels, dessen untere Grenze bei zirka 1380 m liegt. In diesem drohend ausschauenden Felssturz lassen sich die frischesten Gesteinsproben schlagen. Der obere von den beiden Wegen, die von Arrami nordwestwärts nach Alpe d'Aspra hinüberführen, stösst nach Überquerung des Blockmeeres wiederum auf Serpentin, der sichtlich aus dem Olivinfels hervorgeht; daneben kann man auch Serpentin finden, welcher grüne, rundliche Schuppenkomplexe einschliesst, die wohl aus Granat hervorgegangen sind. Schliesslich folgt in konkordanter Anlagerung ein Biotitgneiss, welcher viele schokoladebraune Glimmerschuppen führt. Nordwärts blickend sieht man das rostige Olivingestein mehr und mehr sich ausspitzen und endlich gänzlich sich verlieren. Am Fussweg, der die Alpe d'Arrami mit der südlich liegenden Alpe di Crovechio verbindet, kann, bevor man an den Eklogit gelangt, auch unterhalb des Weges in den tieferen Partien eines dort niedergehenden steilen Grabens noch anstehender Granatolivinfels gefunden werden, gelegentlich mit nussgrossen Granaten. Das mag die Stelle sein, von wo seine Blöcke besonders leicht in den Bach des Gordunotales abstürzen.

Unter Benutzung aller sichtbaren Ausbisse und Kontaktstellen kommt man dazu, dem ganzen Vorkommen des Granatolivinfelses die intrusive Form eines Stockes oder einer Linse zuzuschreiben, deren Dicke in Ostwestrichtung zirka 800 m und deren Nordsüd verlaufende Längserstreckung vielleicht annähernd 1 km beträgt; auch dürfte man kaum fehlgehen, wenn man annimmt, dass es ringsum von aplitisch injiziertem Biotitgneiss umgeben ist. — Das ganze Vorkommnis gehört ohne Zweifel zur Zone der sogenannten Pietre verdi, welche westlich von Locarno in den gewöhnlichen Amphiboliten über Ascona ziemlich mächtig entwickelt sind, am Ausgange des Verzascatales zum Teil als gewöhnliche, zum Teil als Granatamphibolite nochmals auftauchen und auch nördlich Bellinzona über Sementina am Monte Carasso sichtbar werden.

Neben den Hauptgesteinen, dem Granatolivinfels und dem gewöhnlichen Olivinfels, beteiligen sich am Aufbau des Vorkommens besonders noch der mehr randlich auftretende Eklogit. Als Um-

Digitized by Google

wandlungsprodukte dieser Gesteine müssen gelten die sie begleitenden Serpentine, Strahlsteine und Chloritschiefer, sowie ein Teil der spärlichen Amphibolite. Diese im Verhältnisse zu den Erstgenannten sekundären Gesteine bilden jedoch, mit Ausnahme eines Teiles des Serpentins, keine selbständigen Gesteinskomplexe, sondern sind jenen in verschieden geformten, meist unregelmässigen, kopfgrossen bis zu mehreren Kubikmetern umfassenden Massen eingeschaltet. Die Hauptgesteine und deren Umwandlungsprodukte sollen nun zunächst noch eingehender betrachtet werden.

### 1. Der Granatolivinfels.

Der Granatolivinfels bildet die Hauptmasse der kleinen Linse; seine Bankung streicht gleichsinnig mit der der umgebenden Gneisse Ostwest und fällt gegen Süden ein. Das frische Gestein ist massig; nur stellenweise wird eine undeutliche Schieferung parallel der Bankung wahrnehmbar. In einer mittelkörnigen scheinbaren Grundmasse, deren Farbe an Hand der internationalen Farbenskala von Radde als Blaugrüngrau i bestimmt wurde, liegen Pseudoeinsprenglinge von Granat, welche am häufigsten Erbsengrösse, zuweilen Haselnussgrösse besitzen; sogar faustgrosse Granaten wurden gefunden. Trotz einer einheitlichen Kelyphithülle derselben bleibt es aber zweifelhaft, ob hier nicht körnige Aggregate vorliegen. Die Farbe des Granats ist etwas wechselnd, meist blutrot, manchmal auch lichter rubinrot. Besonders die Knollen sind heller und weniger durchsichtig, was für ihre Aggregatnatur spricht. Die Menge des Granats wechselt fast von Schritt zu Schritt; er reichert sich zuweilen in Streifen so an, dass fast keine grüne Zwischenmasse mehr vorhanden ist; oft auch ist er wieder nur mehr spärlich eingestreut. Kristallformen wurden an ihm nicht beobachtet; er bildet nur rundliche Körner. — In der „Grundmasse" wird schon makroskopisch neben dem Olivin noch ein Pyroxen wahrnehmbar, von derselben Farbe wie jener, aber durch aufblitzende Spaltflächen markiert. Im ganz unveränderten Gestein berühren sich Granat und Zwischenmasse unvermittelt; solches ist aber nur durch das Zertrümmern grosser Quader aus deren Kern hervorzuholen. Gegen die Oberfläche der Blöcke hin umkleiden sich die Granaten mit der erwähnten grünen Hülle, welche radialstrahlig gebaut ist und aus einem meist sehr feinfaserigen Mineral besteht. Bei ganz grossen Granaten, deren Hülle alsdann auch gröber entwickelt ist, wird es schon dem unbewaffneten Auge möglich, in der faserigen Umhüllung eine strahlsteinartige Hornblende zu erkennen. Parallel mit der Entwicklung

Digitized by Google

dieser Hülle geht ein Dunklerwerden der Olivinpyroxenzwischenmasse, was deren beginnender Serpentinisierung zuzuschreiben ist. Die Breite der Hülle ist abhängig von der Grösse des Granatkorns und vom Stadium ihrer Entwicklung. Die faustgrossen Granaten besitzen Hüllen von mehreren cm Breite, die kleinen entsprechend schmalere. Im Innern von Blöcken können sie fehlen und beginnen dann nach Aussen hin zunächst in mikroskopischer Kleinheit, gegen die Oberfläche zu allmählich die Granatsubstanz mehr und mehr verdrängend. Bei der vollständigen Zersetzung der Zwischenmasse zu einer bläulichen, lehmartigen Substanz bleiben die grünen Kugeln noch gut erhalten und lassen sich dutzendweise aus der losen Masse herauslesen. Zerschlägt man sie, so gewahrt man überall ihren radialstrahligen Bau und meist noch einen grösseren oder kleineren Granatkern in ihrer Mitte. Die grüne Hülle solcher Granaten innerhalb von Serpentin erhielt von dem Wiener Mineralogen Schrauf den Namen Kelyphit (κέλυφος Nusschale). Die Erscheinung ist aus einer ganzen Zahl granatführender Serpentine des sächsischen und böhmischen Erzgebirges, aus Niederösterreich und seinem Waldviertel, aus den Vogesen und von anderwärts zur Kenntnis gelangt und schon eingehend untersucht worden. Überall wird der Serpentin als ein Olivinserpentin beschrieben. Zwischen solchen Vorkommnissen und dem des Gordunotales besteht also zunächst nur der Unterschied, dass hier die Olivinmasse noch zum grössten Teil erhalten, dort aber vollständig der Serpentinisierung anheimgefallen ist.

Unter dem Mikroskop ist der Olivin farblos und ohne kristallographische Begrenzung. Er erscheint stark rissig und vielfach zu kleinen Trümmern zerdrückt, auch undulös auslöschend. Die beginnende Serpentinisierung äussert sich in den frischesten Stücken darin, dass entlang den Rissen beidseitig schwächer doppelbrechende Bänder entstehen; daneben zeigen sich aber auch schon überall deutlich faserige Stellen. — Pyroxen ist in wechselnder Menge vorhanden und kann zuweilen ebenso stark vertreten sein wie Olivin. Meist ist er gleichmässig dem Olivin zwischengestreut, manchmal wechseln die beiden Mineralien streifenweise. Auch der Pyroxen ist farblos und gewöhnlich ohne Umgrenzung durch Kristallflächen, aber nicht isometrisch entwickelt wie der Olivin, sondern eher kurzsäulig. Nur gelegentlich konnten (110), (100) und (010) beobachtet werden; die prismatische Spaltbarkeit ist meist gut wahrnehmbar. Die Doppelbrechung des Pyroxens ist im allgemeinen nur wenig schwächer als die des Olivins; die meisten Körner beider Komponenten lassen gar keinen Unterschied in der Polarisationsfarbe erkennen. Die Auslöschungsschiefe wurde auf einem Schnitte mit nahezu senk-

Digitized by Google

rechtem Austritt der optischen Normalen mit 40 Grad c : c gemessen; auf (001) tritt die positive, auf (100) die negative Bisectrix aus. Nach diesen Kennzeichen muss Diopsid oder gewöhnlicher Augit vorliegen. Die auf Seite 138 folgende Analyse des ganzen Gesteins spricht für ersteren, da der gefundene Tonerdegehalt ohnehin sehr gering ist und, wie aus der Seite 135 mitgeteilten Granatanalyse hervorgeht, hauptsächlich diesem Mineral zugeschrieben werden muss. Auch am Diopsid sind Anfänge von Serpentinisierung bemerkbar, ebenfalls von Rissen ausgehend, aber immer viel schwächer entwickelt als beim Olivin. Kleines Trümmerwerk von Diopsid ist selten, häufig dagegen undulöse Auslöschungen und Brüche. Die chemische Untersuchung der beiden grünen Gemengteile musste nach vielen resultatlosen Versuchen aufgegeben werden, da ihre Trennung durch schwere Flüssigkeiten sich als unmöglich herausstellte. — In etwas alterierten Stücken ist der Diopsid gerne von einer so lichtgrünen Hornblende begleitet, dass ihr Pleochroismus (c grünlich, b gelblich, a farblos) kaum wahrnehmbar wird. Sie zeigt auf (010) eine Auslöschungsschiefe c : c von 20 Grad und ist nach ihrer Doppelbrechung, welche der des Diopsids gleichkommt, als Strahlstein anzusprechen. Offenbar ist sie ein Umwandlungsprodukt der diopsidischen Komponente oder des Olivins, da sie an ganz frischen Stellen fehlt. Es ist diese Umwandlung ein Vorgang, welcher für beide Mineralien schon oft beobachtet wurde und, wie später gezeigt werden wird, auf der Alpe di Arrami in der Entstehung von Strahlsteinschiefern gipfelt. — Auch ein schwach doppelbrechendes, farbloses, blätteriges Mineral ist selbst in recht frischen Stücken des Granatolivinfelses spärlich eingestreut. Dasselbe löscht zu seinen Spaltrissen etwas schief aus (2—3 Grad), bildet häufig Zwillinge nach (001), hat optisch positiven Charakter, mit ganz kleinem Winkel der optischen Axen und zeigt die Polarisationsfarben des Quarzes. Nach diesen Merkmalen wurde es als Klinochlor bestimmt, der zweifellos ebenfalls als sekundäres Mineral anzusprechen ist. — Der Granat erscheint mikroskopisch farblos, besitzt oft ganz buchtige Formen und in seiner Umgrenzung niemals irgend eine Kristallfläche. Er ist wenig einschlussreich und führt als Gäste gewöhnlich nur Olivin und Diopsid, selten Magnetit und Rutil. Besonders in grösseren Granatknollen sind erstere zwei etwa perlschnurartig in netzförmiger Verzweigung angeordnet; dadurch werden vielleicht die Grenzen einzelner Granatkörner bezeichnet.

Die Analyse eines makroskopisch tiefblutroten Granates, in meinem Laboratorium ausgeführt von E. Gutzwiller, ergab, nachdem vorher durch sorgfältige Auslese von reinen Körnern und durch

Digitized by Google

Kontrolle derselben mittelst einer stark vergrössernden Loupe einwandfreies Material gewonnen worden war, folgende Resultate:

| | | Wasserfrei auf 100 umgerechnet | Molekular-Proportionen | Aus der Formel berechnet | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 41,85 | 41,67 | 69,2 | 41,95 | | |
| $TiO_2$ | 0,20 | 0,20 | 0,3 | | $44^1/_2 (SiO_4)_3 Al_2 Mg_3$ | Pyrop |
| $Al_2O_3$ | 24,00 | 23,86 | 23,3 | 23,28 | $1^1/_2 (SiO_4)_3 Cr_2 Mg_3$ | |
| $Cr_2O_3$[1]) | 1,09 | 1,08 | 0,7 | 0,76 | $14 (SiO_4)_3 Al_2 Fe_3$ | Almandin |
| FeO | 9,80 | 9,74 | 13,6 | 10,05 | $10 (SiO_4)_3 Al_2 Ca_3$ | Grossular |
| CaO | 5,41 | 5,38 | 9,6 | 5,58 | | |
| MgO | 18,23 | 18,07 | 45,2 | 18,38 | = 9 Pyrop : 3 Almandin : 2 Grossular | |
| $H_2O$ unter 110° | 0,10 | — | — | — | | |
| Glühverlust | — | — | — | — | | |
| | 100,68 | 100,00 | — | 100,00 | | |
| Spez. Gewicht | 3,70 | | | | | |

Aus diesen Resultaten lässt sich obige Formel berechnen, unter deren Anwendung sich die in der letzten Kolonne aufgeführten Werte ergeben. Der Granat ist demnach vorwiegend Pyrop, mit etwelcher isomorpher Beimischung von Almandin und Grossular.

Die den Granat umgebende Kelyphithülle erscheint unter dem Mikroskop zweigliederig. Sie zerfällt in eine innere radialstrahlige Faserzone und in eine äussere Körnerzone, welche von farblosen und grünen Körnern gebildet wird und sich sehr inkonstant zeigt, d. h. sie ist bei schmalen Hüllen gar nicht, bei breiteren oft nur stellenweise vorhanden. Beiden Zonen gemeinsam ist spärlicher Pyrit. Die innere radiale Hülle schneidet gegen den Granatkern mit ganz scharfer Grenze ab, während sie an jenen Stellen, wo die Körnerzone fehlt oder nur wenig entwickelt ist, baumförmig in die angrenzenden Olivin-Diopsidkörner hineinzuwachsen scheint, indem einzelne Strahlen sich vielfach verzweigen. Das einzige hier die innere Zone zusammensetzende Mineral ist eine stark doppelbrechende strahlsteinartige Hornblende, wie auch aus einer Seite 136 folgenden Analyse des Kelyphits hervorgeht. Bei Berechnung derselben ergibt sich, dass in ihr neben dem Strahlsteinmolekül das Tschermak'sche Molekül im Verhältnis von 14 : 9 vorhanden ist. Die äussere Zone besteht aus blaugrünen, stark lichtbrechenden, isotropen Körnern von Pikotit und aus kleinen, rundlichen Augiten von etwas schwächerer Doppelbrechung als die der Diopside in der umgebenden Zwischenmasse. Gewöhnlich geht dieser augitische Körnerkranz un-

[1]) Kolorimetrisch bestimmt nach W. F. Hillebrand, Analyses of silicate and carbonate Rocks. U. S. Geol. Survey, Bull. No. 305, p. 124.

Digitized by Google

scharf in das Olivin-Diopsidgewebe über; manchmal aber ist er gegen den Olivin scharf abgeschnitten. Besonders da, wo ein Olivinkorn von der wachsenden Kelyphithülle erreicht und umgeben wird, bildet sich um dasselbe ein perlschnurartiger Kranz von Augit. — Die chromführenden Spinelle der äussern Hülle sind niemals enge gereiht, sondern treten in unregelmässigen Häufchen und Striemen an den Berührungsstellen von Kelyphit und Zwischenmasse auf. Manchmal ist nur Augit, zuweilen nur Pikotit in der Körnerzone vorhanden.

Dass die Kelyphitrinde sich auf Kosten des Granates bildet, geht zweifellos daraus hervor, dass der Granatrest um so kleiner wird, je breiter sich die Hülle entwickelt, bis sie schliesslich den Granat völlig verdrängt. Das bäumchenartige Hineinwuchern des Kelyphits in den Olivin und Diopsid verrät aber, dass auch diese Komponenten Substanz zur Erzeugung der Hülle liefern werden, der Kelyphit somit durch gegenseitige Reaktion der drei genannten Mineralien auf einander zu stande kommt.

Zur Aufklärung dieses chemischen Prozesses wurde der Kelyphit eines grossen Granataggregates isoliert und der chemischen Analyse [1]) unterworfen mit folgenden Resultaten:

| | | Wasserfrei auf 100 umgerechnet | Molekular-Proportionen |
|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 38,28 | 38,77 | 64,3 |
| $TiO_2$ | 0,19 | 0,19 | 0,2 |
| $Al_2O_3$ | 21,25 | 21,52 | 21,1 |
| $Cr_2O_3$ | 0,39 | 0,40 | 0,3 |
| $Fe_2O_3$ | 3,12 | 3,16 | 1,9 |
| FeO | 3,44 | 3,49 | 4,8 |
| CaO | 8,99 | 9,12 | 16,3 |
| MgO | 23,07 | 23,35 | 57,9 |
| $H_2O$ unter 110° | 0,13 | — | — |
| Glühverlust | 1,42 | — | — |
| | 100,28 | 100,00 | — |
| Spez. Gewicht | 3,20 | | |

Daraus berechnet sich für den Kelyphit die Zusammensetzung:

$14\,(SiO_3)_4\,Ca\,(Mg, Fe)_2$ } strahlsteinartige
$9\,SiO_6\,Al_2\,(Ca, Mg, Fe)$ } Hornblende
$14\,(Al, Cr, Fe)_2\,O_4\,Mg$ Pikotit

Dies entspricht ungefähr dem Verhältnis von 79,25 % strahlsteinartige Hornblende neben 20,75 % Pikotit, was mit dem mikroskopischen Bilde des Kelyphites ziemlich gut übereinstimmt.

Bei seiner sorgfältigen und interessanten Untersuchung des Kelyphits aus dem Serpentin von Prabsch im südlichen Böhmerwald berechnete A. Schrauf [2]) aus seiner Analyse die Gleichung:

$$2\,\text{Pyrop} + 1\,\text{Olivin} = \text{Kelyphit}.$$

[1]) Wo nichts weiter bemerkt ist, rührt die Analyse von Frl. Dr. L. Hezner, meiner Assistentin, her, der ich für die sorgfältige Ausführung zu Dank verpflichtet bin.

[2]) A. Schrauf, Beiträge zur Kenntnis des Assoziationskreises der Magnesiasilikate. Groths Zeitschrift VI 1882.

Digitized by Google

Die Komponenten seines Kelyphits wurden von ihm, wohl wegen der ausserordentlichen Feinheit der Gemengteile, nicht festgestellt. — J. Mrha[1]) untersuchte den Mineralbestand der Kelyphite verschiedener Lokalitäten aus dem niederösterreichischen Waldviertel mikroskopisch und chemisch in eingehender Weise und kam als erster dazu, ebenfalls eine innere Faserzone und eine äussere Körnerzone festzustellen. Die beiden Zonen scheinen in den beschriebenen Vorkommnissen jeweilen aus denselben Mineralien gebildet zu werden und bestehen aus einem eisenarmen rhombischen und einem monoklinen Pyroxen, aus einer Hornblende und aus Pikotit, welcher sich meist in der Faserzone anreichert, der Körnerzone aber spärlicher eingestreut ist. Hornblende und Bronzit lösen in der Menge einander ab. Die Kelyphitvorkommnisse des niederösterreichischen Waldviertels unterscheiden sich also von dem des Gordunotales durch ihren Gehalt an rhombischen Pyroxenen, während die morphologischen Verhältnisse, sowie die Abgrenzung gegen den Granatkern und die Zwischenmasse nach der Beschreibung von Mrha ganz ähnliche sind. An der Hand seiner Beobachtungen und Analysen denkt er sich die Entstehung des Kelyphits nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Pyrop}}{(SiO_4)_3\overset{III}{M}_2\overset{II}{M}_3} + \underset{\text{Olivin}}{SiO_4\overset{II}{M}_2} = 2\underset{\text{Pyroxen}}{(SiO_3)_2\overset{II}{M}_2} + \underset{\text{Spinell}}{\overset{III}{M}_2O_4\overset{II}{M}}$$

Schrauf kam dazu, eine pyrogene Entstehung der Kelyphitrinde anzunehmen; er schloss aus der überall gleichen Dicke der Granathülle, dass der im Olivinmagma schwimmende feste Pyrop in Wechselwirkung mit Olivinmolekülen getreten sei, denn „nur eine Schmelzrinde kann die ausgezeichnete Eigenschaft besitzen, in allen Fällen auf einem Terrain alle Pyrope gleich dick einzuhüllen". Im Gegensatz zu ihm gelangt Mrha zu der Ansicht, dass die Umwandlung im festen Gestein vor sich gehe.

Für den Kelyphit des Gordunotales ist eine pyrogene Entstehung schon dadurch ausgeschlossen, dass im frischen Gestein die Hülle um den Granat fehlt. Die Umwandlung der ursprünglichen Bestandmineralien zu Kelyphit muss also im festen Gestein erfolgen. (Weiteres über die Kelyphitbildung siehe Seite 155.)

Als Nebengemengteile erscheinen im Granatolivinfels nur Pikotit und Magnetit, beide als Einschlüsse im Olivin und Diopsid; bei stärkeren Vergrösserungen erkennt man gelegentlich auch noch Rutil in Gestalt feinster Nädelchen, welche allen Hauptgemengteilen eingelagert sind, in der Regel scharenweise und parallel angeordnet.

[1]) J. Mrha, Beiträge zur Kenntnis des Kelyphits. T. M. P. M. 1900.

Digitized by Google

Die Struktur des Granatolivinfelses ist von derjenigen eines gewöhnlichen Dunites kaum verschieden, indem ja auch bei diesem die Hauptkomponenten, besonders der Olivin, gewöhnlich keine kristallographische Umgrenzung besitzen.

Der Chemismus des Gesteins ergibt sich aus nachfolgender Analyse, die an einem Stück ausgeführt wurde, dessen Frische mittelst eines Dünnschliffes kontrolliert werden konnte. Sie zeigte folgende Resultate:

| | | Molekular-Prozente |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 43,47 | 38,1 |
| $TiO_2$ | 0,15 | 0,1 |
| $Al_2O_3$ | 2,97 | 1,8 |
| $Cr_2O_3$ | 0,43 | |
| $Fe_2O_3$ | 4,42 | 1,5 |
| FeO | 4,48 | 3,3 |
| MnO | Sp. | — |
| CaO | 3,30 | 3,1 |
| MgO | 39,44 | 52,1 |
| $H_2O$ unter 110° | — | — |
| Glühverlust | 1,87 | — |
| | 100,53 | 100,0 |
| Spez. Gewicht | 3,30 | |

Daraus liessen sich nach A. Osann[1]) folgende Werte berechnen:

s = 38,2
A = 0,0
C = 1,8
F = 58,2
n = —
m = 9,8
k = 0,6
M = 1,3
T = 0,0 [2])

Typenformel d. Granatolivinfelses:

$$s_{58}\ a_0\ c_{0{,}5}\ f_{19{,}5}$$

Die chemische Zusammensetzung ist die eines typischen Peridotites und zeigt in ihrer Typenformel nächste Verwandtschaft mit dem Osann'schen Typus Dun Mountains ($s_{55}\ a_0\ c_0\ f_{20}$).

Nach der in der „Quantitative Classification of igneous Rocks" von den Amerikanern Cross, Iddings, Pirsson und Washington 1903 vorgeschlagenen Methode verrechnen sich die Analysenresultate folgendermassen:

| | | Molekular-Proport. | Anorthit | Magnetit | Chromit | Ilmenit | Olivin | Hypersthen | Diopsid |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 43,47 | 725 | 58 | — | — | — | 378 | 229 | 60 |
| $TiO_2$ | 0,15 | 2 | — | — | — | 2 | — | — | — |
| $Al_2O_3$ | 2,97 | 29 | 29 | — | — | — | — | — | — |
| $Cr_2O_3$ | 0,43 | 3 | — | — | 3 | — | — | — | — |
| $Fe_2O_3$ | 4,42 | 28 | — | 28 | — | — | — | — | — |
| FeO | 4,48 | 62 | — | 28 | 3 | 2 | — | 20 | 9 |
| CaO | 3,30 | 59 | 29 | — | — | — | — | — | 30 |
| MgO | 39,44 | 986 | — | — | — | — | 756 | 209 | 21 |
| Glühverlust | 1,87 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 100,53 | 1694 | | | | | | | |

[1]) Osann, A., Versuch einer chemischen Klassifikation der Eruptivgesteine. T. M. P. M. XIX. 1900.

[2]) Grubenmann, U., Die kristallinen Schiefer. II. Teil, S. 13. Berlin 1907.

Digitized by Google

Norm:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Sal. 811 | Anorthit . . . . . | $29 \times 278$ . . . . | 8,1 | | |
| Fem. 91,7 | Magnetit . . . . . | $28 \times 232$ . . . . | 6,5 | M = 7,5 | |
| | Chromit . . . . . | $3 \times 224$ . . . . | 0,7 | | |
| | Ilmenit . . . . . | $2 \times 152$ . . . . | 0,3 | | |
| | Olivin . . . . . | $756 \times 70$ . . . . | 52,9 | O = 52,9 | |
| | Hypersthen . . . | $20 \times 132$ . . . . | 2,6 | H = 23,5 | P = 30,3 |
| | | $209 \times 100$ . . . . | 20,9 | | |
| | Diopsid . . . . . | $30 \times 116$ . . . . | 3,5 | D = 6,8 | |
| | | $9 \times 132$ . . . . | 1,2 | | |
| | | $21 \times 100$ . . . . | 2,1 | | |

| Class: V | Order: 1 | Sektion: 4 |
|---|---|---|
| $\frac{Sal}{Fem} = \frac{8,1}{91,7} < \frac{1}{7}$ | $\frac{P+O}{M} = \frac{83,2}{7,5} > \frac{7}{1}$ | $\frac{P}{O} = \frac{30,3}{52,9} < \frac{3}{5} > \frac{1}{7}$ |
| Perfemane | Maorare | Gorduniare |

| Rang: 1 | Subrang: 1 |
|---|---|
| $\frac{CaO + MgO + FeO}{Na_2O} = \frac{1107}{0} > \frac{7}{1}$ | $\frac{MgO}{FeO} = \frac{986}{62} > \frac{7}{1}$ |
| Gordunase | Gordunose |

Für die Sektion, den Rang und Subrang sind in der amerikanischen Classification die systematischen Kennzeichen und Orte genau vorgesehen, doch fehlen dazu die einschlägigen Benennungen, weil ein zuständiges Vorkommnis den genannten Verfassern noch nicht bekannt gewesen war. Die im Obigen dafür aufgenommenen Namen sind in der üblichen Weise gebildet worden aus dem Fundorte unter Anhängung der vorgeschriebenen Suffixe.

Die ursprüngliche Massengesteinsnatur des Granatolivinfelses aus dem Gordunotal ist sowohl nach der geologischen Lagerung, als auch nach den chemischen Verhältnissen des Gesteins keinem Zweifel unterworfen; dasselbe ist, wie später gezeigt werden wird, auch von einem kleinen Kontakthof umgeben. Dagegen ist es fraglich, ob im frischen Granatolivinfels ein unverändeter primärer Peridotit vorliegt, denn das Auftreten von Pyrop ist in einem solchen zum mindesten ungewöhnlich und ruft den Gedanken wach, das Vorkommnis möchte vielleicht eher als ein Gestein aus der tiefsten Zone der kristallinen Schiefer zu taxieren sein. — Für die Beantwortung einer solchen Frage bietet in den meisten Fällen die Gesteinsstruktur das beste Kriterium, indem bei Massengesteinen die kristallographische Entwicklung der Komponenten in der Regel bekanntlich eine solche ist, dass eine Ausscheidungsfolge festgestellt werden kann, während bei metamorphen Gesteinen eine gleichzeitige Bildung aller Gemengteile angenommen werden darf. Leider aber versagt hier dieses Kenn-

Digitized by Google

zeichen, weil auch in echten Peridotiten (z. B. Duniten), ebenso wie im vorliegenden Granatolivinfels, besonders beim Olivin die Ausbildung einer kristallographischen Umgrenzung mangelt. Bei magmatischen Gesteinen schliessen die jüngeren Ausscheidungsprodukte oft die älteren ein, bei kristallinen Schiefern können alle Komponenten einander einschliessen. Nun besitzt allerdings im Granatolivinfels der Granat Einschlüsse von Olivin oder Diopsid, während umgekehrt diese niemals den Granat beherbergen. Daraus dürfte aber zunächst nur hervorgehen, dass ein Teil jener beiden Mineralien bei der Granatbildung schon vorhanden war. Daneben mag nicht unerwähnt bleiben, dass Granat als eingeschlossenes Mineral in den meisten kristallinen Schiefern selten ist. Aus dem Gestein selbst lassen sich also nach dem Bisherigen zunächst keine sichern Kennzeichen gewinnen bezüglich der Frage, ob es primärer Natur sei oder schon einer Metamorphose unterlegen ist.

## 2. Der Olivinfels.

Kleinere Felsköpfe, welche westlich der Alphütten von Arrami aus dem Rasen hervorstechen, ebenso einzelne herumliegende Blöcke, bestehen aus ziemlich frischem, granatfreiem Olivinfels. Auch im Nordwesten der Alpen begegnet man auf dem dem Hange entlang führenden schmalen Wege kurz nach der Überquerung des grossen Absturzes ähnlichen Gesteinen, die dort aber dunkel und unfrisch sind und bald in schwarzen Serpentin übergehen. Welcher Art der Gesteinsverband des granatführenden und granatfreien Olivingesteins sich gestaltet, lässt sich wegen der Bedeckung mit Rasen oder Wald nicht sicher konstatieren. An der zweitgenannten Stelle scheint das Gestein allmählich granatärmer zu werden, in den erstbezeichneten Vorkommnissen dagegen sind granatreiche Felsköpfe den granatfreien ganz benachbart, so dass der Übergang wenigstens ein sehr rascher sein müsste.

Der Olivinfels ist ebenfalls beinahe massig, mit derselben undeutlichen Bankung und dem gleichen Streichen und Fallen, wie der Granatolivinfels; aber er ist heller als dieser (Blaugrüngrau o nach Radde's Farbenskala) und weniger fest gefügt. Schon ein leichter Hammerschlag macht ihn zu Sand zerfallen. Für das unbewaffnete Auge scheint er allein aus Olivin zu bestehen.

Unter dem Mikroskop erkennt man, dass diopsidischer Pyroxen wohl vorhanden ist, aber sehr zurücktritt und nur in kleinern Körnern zwischengestreut ist. Es wurde aber auch ein Stück gefunden, in welchem breite Streifen von Pyroxen mit schmäleren von Olivin, der

Digitized by Google

schon stark in Talk umgewandelt war, abwechselten. Dieser letztere Pyroxen erschien viel schwächer doppelbrechend, als der gewöhnliche diopsidische, und auch seine Auslöschungsschiefe geringer; 25 Grad c:c war der höchste Wert unter vielen Messungen. Spärliches Erz und einzelne Klinochlorschuppen vervollständigen den Mineralbestand des Olivinfelses. — Anfänge von Serpentinisierung machen sich von den Rissen des Olivins aus ganz in derselben Weise geltend, wie im granatführenden Gestein. Wie in letzterem, sind auch im reinen Olivinfels seltene kleinste Körnchen von dunkelölgrünem Pikotit und stäbchenförmiger Rutil in den Hauptkomponenten eingeschlossen; dazu treten noch reichlichere dunklere, zum Teil braunschimmernde Erzkörner, wohl Magnetit und Chromit. — Die beiden Olivingesteine unterscheiden sich somit nur durch das Fehlen des Granats und durch das Zurücktreten des Diopsids in der granatfreien Form; in ihrem optischen Verhalten sind die Komponenten beider ganz gleich.

Die Struktur des Olivinfelses stimmt vollkommen mit derjenigen eines Dunits überein; auch bei ihm ist stellenweise starke Kataklase eingetreten. Die schwache Andeutung von Schieferung verschwindet unter dem Mikroskop.

Eine chemische Analyse des frischen Olivingesteins ergab folgende Resultate:

| | | Molekular-Prozente |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 42,73 | 36,4 |
| $TiO_2$ | Sp. | — |
| $Al_2O_3$ | 0,61 | 0,3 |
| $Cr_2O_3$ | 0,54 | 0,2 |
| $Fe_2O_3$ | 3,43 | 1,1 |
| FeO | 4,99 | 3,5 |
| MnO | — | — |
| CaO | 0,93 | 0,8 |
| MgO | 45,21 | 57,7 |
| $H_2O$ unter 110° | 0,09 | — |
| Glühverlust | 1,75 | — |
| | 100,28 | 100,0 |
| Spez. Gewicht | 3,19 | |

Daraus berechnen sich nach Osann (l. c.) folgende Werte:

s = 36,5
A = 0,0
C = 0,5
F = 62,5
n = —
m = 9,97
k = 0,6
M = 0,3 } Aut. l. c.
T = 0,0 }

Typenformel des Olivinfelses:

$$S_{36,5}\ a_0\ c_0\ f_{20}$$

Der chemische Charakter des Gesteins zeigt die vollkommenste Übereinstimmung mit dem des typischen Dunits. Seine Typenformel fällt auch, abgesehen von dem Plus im s, mit dem Osann'schen Typus Dun Mountains zusammen.

Die Berechnung und Klassifikation nach der amerikanischen Methode gestaltet sich folgendermassen:

Digitized by Google

| | | Molekular-Proport. | Anorthit | Magnetit | Chromit | Olivin | Hypersthen | Diopsid |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 42,73 | 712 | 12 | — | — | 489 | 200 | 11 |
| $TiO_2$ | Sp. | — | — | — | — | — | — | — |
| $Al_2O_3$ | 0,61 | 6 | 6 | — | — | — | — | — |
| $Cr_2O_3$ | 0,54 | 4 | — | — | 4 | — | — | — |
| $Fe_2O_3$ | 3,43 | 21 | — | 6 | — | — | — | — |
| FeO | 4,99 | 69 | — | 6 | 4 | 38 | 16 | 5 |
| CaO | 0,93 | 17 | 6 | — | — | — | — | 11 |
| MgO | 45,21 | 1130 | — | — | — | 940 | 184 | 6 |
| $H_2O$ unter 110° | 0,09 | — | — | — | — | — | — | — |
| Glühverlust | 1,75 | — | — | — | — | — | — | — |
| | 100,28 | — | | | | | | |

Norm:

Sal. Anorthit . . . . . $6 \times 278$ . . . . 1,67

Fem.
- Magnetit . . . . . $6 \times 232$ . . . . 1,39 } M = 2,3
- Chromit . . . . . $4 \times 224$ . . . . 0,90 }
- Olivin . . . . . $940 \times 70$ . . . . 65,80 } Ö = 69,7
- Olivin . . . . . $38 \times 102$ . . . . 3,88 }
- Hypersthen . . . $184 \times 100$ . . . . 18,40 } P = 23,1 } 92,8
- Hypersthen . . . $16 \times 132$ . . . . 2,11 }
- Diopsid . . . . . $11 \times 116$ . . . . 1,28 }
- Diopsid . . . . . $6 \times 100$ . . . . 0,60 }
- Diopsid . . . . . $5 \times 132$ . . . . 0,66 }

Class: V

$$\frac{Sal}{Fem} = \frac{1,7}{95,1} < \frac{1}{7}$$

Perfemane

Order: 1

$$\frac{P+O}{M} = \frac{92,8}{2,3} > \frac{7}{1}$$

Maorare

Sektion: 4

$$\frac{P}{O} = \frac{23,1}{69,7} < \frac{3}{5} > \frac{1}{7}$$

Gorduniare

Rang: 1

$$\frac{CaO + MgO + FeO}{Na_2O} = \frac{1216}{0} > \frac{7}{1}$$

Gordunase

Subrang: 1

$$\frac{MgO}{FeO} = \frac{1130}{69} > \frac{7}{1}$$

Gordunose

Vergleicht man den chemischen Bestand der beiden olivinführenden Gesteine miteinander, so mag zunächst nochmals darauf hingewiesen werden, dass sie beide einen ausgesprochen peridotitischen Chemismus besitzen und darin einander so ähnlich sind, dass sie nach der amerikanischen Klassifikation sich vollständig decken, in den Osann'schen Werten nur sehr kleine Abweichung zeigen. Vom Granatolivinfels unterscheidet sich das reine Olivingestein, wie zu erwarten war, wesentlich nur durch einen etwas geringeren Kalk- und Tonerdegehalt und man wird darum kaum fehlgehen, wenn man annimmt, dass in ihnen bloss schlierige Abänderungen eines und desselben peridotitischen Magmas vorliegen.

Digitized by Google

### 3. Strahlsteinschiefer, Chloritschiefer und Talkschiefer.

Diese Schiefergesteine treten, wie bereits früher bemerkt, nicht als selbständige Gesteinskörper auf, sondern sind in faustgrossen Knollen, bis zu mehreren Kubikmetern haltenden Massen, streifen- und schlierenweise mit den beiden Olivingesteinen verknüpft, teils mit scharfer Grenze gegen dieselben absetzend, teils durch allmähliche Übergänge mit ihnen verbunden. Auch als Kluftausfüllung kommt der Strahlstein- und Chloritschiefer, besonders ersterer, vor, der überdies in Bändern auftritt, die wie schmale Gänge aussehen. Das Hervorgehen aller dieser Gesteine aus den Olivinfelsen lässt sich schon makroskopisch gut beobachten.

a) Die Strahlsteinschiefer.

Oben wurde gezeigt, dass die Kelyphitisierung des Granats hauptsächlich in einer Umwandlung in Strahlstein besteht und ferner darauf hingewiesen, dass der Granat in den Granatolivinfelsen öfter streifen- und fleckweise so stark sich angereichert, dass nur mehr ganz wenig Olivinzwischenmasse bleibt. Ist die Aktinolithisierung solcher Granatstreifen vollendet, was sich mit einem Gröberwerden des Strahlsteinkornes verknüpft, so ist an Stelle des granatreichen Olivinschiefers ein Strahlsteinschiefer getreten. Die Olivinzwischenmasse ist gleichzeitig entweder in Serpentin übergegangen, oder es hat sich aus ihr ebenfalls Strahlstein gebildet, der dann etwas heller ist, als der aus Granat entstandene. So kann auch der granatfreie Olivinfels in Strahlsteinschiefer übergehen. Die wechselnde Farbe des Strahlsteins von hellgrün nach dunkelbraungrün ist also wohl hauptsächlich dieser verschiedenen Herkunft zuzuschreiben.

Makroskopisch ist in den einzelnen Streifen und Knollen meist nur Aktinolith zu erkennen; die Schieferung, gewöhnlich recht undeutlich, fehlt oft ganz. — Unter dem Mikroskop zeigt sich, dass der Strahlstein in der Regel nur von Rutil, wenig Magnetit und Quarz begleitet ist; ausnahmsweise treten noch Talk, Chlorit und Serpentin, auch Olivinrelikte hinzu. Im ersteren Falle ist er kristallographisch schlecht entwickelt, von körnigem oder kurzstengeligem Habitus; sobald er aber in Talk oder Chlorit eingebettet liegt, sind dagegen Prismenflächen und ein schmales seitliches Pianakoid fast immer vorhanden. Die Doppelbrechung des Aktinoliths ist sehr hoch und übersteigt die des Olivins. Sein Auslöschungswinkel auf (010) beträgt 21 Grad c : c. Zerbrochene Individuen und solche mit wandernden Schatten sind regelmässig vorhanden.

Für den dunklen, aus Granat hervorgegangenen Strahlstein kann die aus der Kelyphitanalyse berechnete Hornblende als chemisches

Digitized by Google

Beispiel dienen. Daneben wurde ein etwas hellerer Strahlsteinschiefer analysiert mit nachfolgenden Ergebnissen:

| | | Molekular-Prozente |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 54,06 | 49,9 |
| $TiO_2$ | 0,69 | 0,5 |
| $Al_2O_3$ | 1,22 | 0,6 |
| $Cr_2O_3$ | 0,18 | 0,1 |
| $Fe_2O_3$ | 2,19 | |
| FeO | 2,65 | 3,5 |
| CaO | 12,81 | 12,5 |
| MgO | 23,83 | 32,9 |
| $H_2O$ unter 110° | — | — |
| Glühverlust | 2,83 | — |
| | 100,46 | 100,0 |
| Spez. Gewicht | 3,01 | |

Daraus berechnen sich folgende systematische Gruppenwerte:

S = 50,4
A = 0,0
C = 0,7
F = 48,2
M = 11,8
T = 0,0
K = 1,0

Projektionswerte nach Osann:

a = 0
c = 0
f = 20

Aus der Analyse geht, wie aus dem mikroskopischen Befund hervor, dass in der hellen Schiefervarietät fast reiner Strahlstein vorliegt. Es lässt sich berechnen, dass auf 11 Strahlsteinmoleküle 1 Tschermak'sches Molekül kommt und dass im Gestein 94,46 % Strahlstein (wovon 4,20 % Tschermak'sches Molekül), 3,35 % Quarz, 1,44 % Magnetit und 0,75 % Rutil enthalten sind. — Systematisch gehört der Strahlsteinschiefer unter die Magnesiasilikatgesteine (5. Gruppe der kristallinen Schiefer). In seinen Gruppenwerten zeigt er eine starke Annäherung an die charakteristischen Mittelwerte dieser Gruppe[1]); sein Projektionspunkt fällt genau in den f-Pol des Osann'schen Dreiecks, also auf den theoretischen Punkt für typische Peridotite und deren Derivate.

b) Die Chloritschiefer.

Durch zunehmenden Chloritgehalt geht der Strahlsteinschiefer in Chloritschiefer über; auch die Entstehung des letzteren aus den Olivingesteinen ist schon makroskopisch zu beobachten. Betrachtet man die aus der verrosteten roten Oberfläche des Granatolivinfelses hervorragenden kelyphitisierten Granaten, so sieht man an vielen Stellen, dass sich an der Oberfläche der grünen Hülle feine, fast silberweisse, glimmerähnliche Schüppchen bilden. Weiter gewahrt man, dass diese Schüppchen den Kelyphit mehr und mehr ersetzen und dabei zugleich an Grösse zunehmen, bis zuletzt an die Stelle des kelyphitisierten Granats ein Knöllchen jener blättrigen Substanz getreten ist. Dabei ordnen sich die Blättchen ziemlich parallel an und die runde Gestalt

[1]) l. c. II. Teil, Seite 102.

Digitized by Google

des Aggregates geht oft in eine eiförmige, ja langgestreckte über, deren Längsrichtung mit der Lage der Schieferungsebene des ganzen Gesteinskomplexes übereinstimmt. Die Olivin-Diopsid-Zwischenmasse kann sich bei diesem Prozesse gleichzeitig entweder serpentinisieren oder sie geht ebenfalls in die blätterige Substanz über, so dass die ursprünglichen Granaten im Verlaufe des Prozesses sich immer weniger von der Zwischenmasse abheben und schliesslich an Stelle des zusammengesetzten Gesteins ein einfaches tritt, das in Knollen und Streifen abgesondert ist.

Die Farbe des blättrigen Minerals ist wechselnd von farblos bis dunkelblaugrün, wobei Schuppen verschiedener Farbenintensität in dem selben Handstücke vorkommen können; selbst in einzelnen Blättchen machen sich Variationen in der Farbe bemerkbar. Die Härte der Blättchen ist 1—2, da sie sich mit dem Fingernagel leicht ritzen lassen; es kann daher nur Chlorit oder Talk vorliegen.

Unter dem Mikroskop erkennt man sofort den Chlorit: die Polarisationsfarben sind annähernd diejenigen des Quarzes, die Doppelbrechung ist somit schwach, und die auf (001) austretende Halbirende des kleinen Axenwinkels = c, der optische Charakter also +. Eine ganz kleine Auslöschungsschiefe gegenüber den Tracen der Spaltbarkeit parallel (001), sowie die häufige Zwillingsbildung nach derselben Fläche sprechen für Klinochlor. Sein Farbenwechsel verschwindet fast vollkommen unter dem Mikroskop; höchstens ein ganz leichter Stich ins Graugrüne ist vorhanden, ohne wahrnehmbaren Pleochroismus. — Der Klinochlor der Chloritschiefer ist nicht verschieden von jenem, welcher accessorisch in den Olivingesteinen gefunden wurde; doch ist in den ersteren die Anordnung der Blätter deutlich parallel und Verbiegungen kommen in ihnen häufig vor. — Ausser Klinochlor sind im Chloritschiefer noch Magnetit und Titanomagnetit vorhanden; der letztere charakterisiert sich durch seine nelkenbraune Farbe. Beide Erze fallen auf durch ihre schöne Ausbildung als kleinste Oktaederchen, die sich zu Häufchen scharen.

Die chemische Natur des Chloritschiefers wurde durch zwei Analysen festzustellen versucht. Zunächst wurden mittelst sorgfältiger mechanischer Analyse die farblosen muskovitähnlichen Blättchen abgetrennt und chemisch analysiert (Analyse I) und ausserdem wurde ein Klinochlorschiefer, bei welchem die dunkelgrüne Farbe stark dominierte, als Ganzes der chemischen Analye unterworfen (Analyse II).



Digitized by Google

## Analyse I.

Ausgeführt von Herrn G. Hradil.

| | | Auf 100 umgerechnet | Molekular-Proportionen | Aus der Formel berechnet |
|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 31,02 | 31,28 | 52,2 | 30,83 |
| $TiO_2$ | Sp. | — | — | — |
| $Al_2O_3$ | 18,93 | 19,10 | 18,8 | 19,05 |
| $Cr_2O_3$ | Sp. | — | — | — |
| $Fe_2O_3$ | 0,97 | 0,98 | 0,6 | 1,40 |
| Fe O | 1,63 | 1,65 | 2,3 | 2,01 |
| Ca O | 0,12 | 0,10 | — | |
| Mg O | 33,78 | 34,07 | 85,3 | 33,97 |
| $H_2O$ unter 110° | 0,63 | — | — | — |
| Glühverlust | 12,70 | 12,82 | 71,2 | 12,74 |
| | 99,78 | 100,00 | — | 100,00 |
| Spez. Gewicht | 2,51 | | | |

Aus den Resultaten berechnet sich:

20 $Si O_9 (Al, Fe)_2 (Mg, Fe) H_4$
= 20 Amesitsilikat

16 $Si_2 O_9 Mg_3 H_4$
= 16 Serpentinsilikat

oder abgekürzt:

= 5 Amesit : 4 Serpentin (Klinochlor)

woraus die Werte der letzten Kolonne sich ergeben, welche mit den gefundenen eine ziemlich gute Übereinstimmung zeigen.

## Analyse II. Klinochlorschiefer.

| | | Molekularprozente |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 31,70 | 32,3 |
| $TiO_2$ | Sp. | — |
| $Al_2O_3$ | 15,85 | 9,5 |
| $Cr_2O_3$ | 1,35 | 0,6 |
| $Fe_2O_3$ | 2,20 | 4,6 |
| Fe O | 3,67 | |
| Ca O | 0,43 | 0,6 |
| Mg O | 34,11 | 52,4 |
| $H_2O$ unter 110° | — | — |
| Glühverlust | 11,36 | — |
| | 100,67 | 100,0 |
| Spez. Gewicht | 2,73 | |

Daraus berechnen sich folgende systematische Gruppenwerte:

S = 32,3
A = 0,0
C = 0,6
F = 57,0
M = 0,0
T = 9,5
K = 0,5

Projektionswerte nach Osann

a = 0
c = 0
f = 20

Auch dieser Schiefer fällt naturgemäss in die 5. Gruppe der „Kristallinen Schiefer" und sein Projektionspunkt deckt sich wieder genau mit dem f-Pol des Osann'schen Dreiecks. Abweichend von allen früheren Gesteinen ist der hohe Tonerdegehalt, was im Verein mit der relativ grossen Prozentzahl für $Cr_2O_3$ darauf hinweist, dass bei der Bildung dieses Schiefers eine starke Stoffzufuhr von Seite des Granats stattgefunden hat.

Der Klinochlorschiefer besteht aus:

89,30 % Klinochlor
4,85 % Magnetit
5,85 % Olivin (Relikt).

Für den Klinochlor ergibt sich die Formel:

16 $Si O_9 Al_2 Mg_2 H_4$
16 $Si_2 O_9 Mg_3 H_4$
} also 1 Amesit : 1 Serpentin.

Digitized by Google

Er unterscheidet sich somit von dem helleren, wie die Formeln zeigen, durch eine etwas stärkere Beteiligung des Serpentinmoleküls. Sein grüner Farbenton erklärt sich wohl aus dem vermehrten Chrom- und Eisengehalt.

c) Der Talkschiefer.

Von den hydrosilikatischen Umwandlungsprodukten der Olivingesteine scheint der Talk auf der Alpe di Arrami das seltenste zu sein. Makroskopisch ist er vom hellen Klinochlor nicht zu unterscheiden; unter dem Mikroskop dagegen wird er sofort erkannt an seiner höheren, negativen Doppelbrechung, sowie an dem veränderten Axenbild auf (001), mit c in der Richtung der optischen Axenebene. Stücke, die wesentlich aus Talk bestehen, wurden nicht gefunden; nur in dem schon Seite 12 und 13 angeführten Pyroxengestein tritt er in schmalen Streifen auf und scheint an die Stelle von Olivin getreten zu sein. Er ist dort sehr feinschuppig und von einem Netz von Magnetitkörnchen so durchzogen, dass ein bienenwabenartiges Bild hervorgebracht wird. Diese Erzausscheidungen markieren sichtlich die Korngrenzen des ursprünglichen Olivins. Inmitten einzelner solcher Talkfelder liegt etwa noch ein Pyroxenrest, der der Umwandlung länger widerstanden hat, als der Olivin. Es zeigt sich dadurch, dass Pyroxen und Olivin auch hier wieder derselben Umwandlung unterlagen.

Strahlstein, Klinochlor und Talk bilden auch sehr oft Mischgesteine, und zwar so, dass die einzelnen Komponenten flecken- und streifenweise in demselben Handstücke und Schliffe wechseln. Dass in einem grossen Klinochlorknollen z. B. kleinere Nester von Strahlstein liegen, ist eine ganz gewöhnliche Erscheinung; ebenso sind in solchen gemischten Stücken sehr vielfach noch Relikte von Augiten, weniger von Olivin vorhanden, während Granatüberbleibsel niemals gefunden wurden. Serpentin tritt oft sehr reichlich ein.

## 4. Der Serpentin.

Von allen Umwandlungsprodukten der Olivingesteine bildet nur der Serpentin auf Alpe di Arrami eine grössere zusammenhängende Felsmasse, die man quert auf dem Wege am Nordhang, kurz vor dem Kontakt mit dem aplitisch injicierten Biotitgneiss, an den sie hinanreicht. Kleinere serpentinisierte Massen werden noch an vielen Stellen innerhalb des Granatolivinfelses angetroffen, ja es lässt sich sagen, dass die Hauptmasse der vorkommenden Olivingesteine schon Übergangsgesteine zu Serpentin darstellt, unter welchen alle möglichen Stadien des Serpentinisierungsprozesses angetroffen werden können. Selbst im frischesten Gestein finden sich schon

Digitized by Google

Spuren davon und umgekehrt führen auch die fortgeschrittensten Umwandlungsstadien noch Reste von Olivin und mehr noch von Pyroxen. — Der Serpentin ist ein fast schwarzes, dichtes bis feinkörniges, splitterig brechendes, massiges Gestein, das zunächst an einen Melaphyr oder Basalt erinnert. Eine eigentümliche Abänderung kommt dadurch zustande, dass in der dunklen Gesteinsmasse rundliche Knöllchen, oder aber linsen- und streifenförmige, parallel angeordnete Partien von hellerem Klinochlor liegen. Es sind dies die früheren Granaten, welche in Klinochlor umgewandelt und zugleich z. T. deformiert wurden, während die Pyroxen-Olivin-Zwischenmasse der Serpentinisierung anheimfiel.

Unter dem Mikroskop sind folgende Komponenten wahrnehmbar: Serpentin und Magnetit als Hauptgemengteile, Klinochlor, etwa auch Strahlstein und Talk als Accessoria, Olivin und Pyroxen als Relikte. — Der Serpentin ist kurzfaserig entwickelt und zeigt die typischen niedrigen, blaugrauen Interferenzfarben. In den reliktreicheren Stücken entsteht eine ausgezeichnete Maschenstruktur, indem zellig angeordnete Schnüre von Magnetitfetzchen die Korngrenzen der Ursprungskomponenten und deren Risse bezeichnen, auf denen alsdann in üblicher Weise die Serpentinfasern senkrecht stehen. Durch diese Anordnung wird zweifellos der makroskopisch etwas körnige Habitus des Gesteins erzeugt. Mit dem Verschwinden der Relikte verliert sich auch die ausgesprochene Maschenstruktur mehr und mehr; denn es tritt an Stelle der orientierten Serpentinfasern ein ungeordnetes Gewirr von Fasern und Blättchen, wobei auch die netzartige Anordnung der Magnetitkörnchen Einbusse erleidet. — Die mehr accessorischen Neubildungen von Klinochlor, Strahlstein und Talk unterscheiden sich in ihrer Art nicht von den im vorigen Kapitel beschriebenen Komponenten. Sie fehlen oft ganz und sind, wo sie eintreten, ebenfalls meist in Knollen und Fetzen angehäuft. An nur sehr untergeordenten Stellen macht sich bereits auch Magnesitbildung bemerkbar, indem dieses Carbonat etwa Risschen und Maschen des Serpentinnetzes erfüllt.

### 5. Der Eklogit.

Über das geologische Auftreten dieses Gesteins wurde im einleitenden Kapitel das Nötige mitgeteilt und dargetan, dass es für das ganze stockförmige Auftreten der Olivingesteine als randliche Bildung erscheint und seinerseits vom aplitisch injicierten Gneiss überdacht wird. Seine Blöcke ziehen sich, grosse Schuttstreifen bildend, den Berghang hinunter. — Der Eklogit ist ein mittelkörniges, massiges

Digitized by Google

Gestein, das makroskopisch einen lichtbläulichroten Granat und einen blassgraugrünen Pyroxen erkennen lässt. In der Regel herrscht der Granat vor; oft auch reichert er sich stellenweise so an, dass der Augit nur mehr interstitiell auftritt.

Unter dem Mikroskop erkennt man neben den beiden Hauptkomponenten noch Hornblende, Zoisit, Quarz, Rutil, Zirkon, Apatit, Magnetit und Pyrit. Der Granat erscheint farblos und ohne Kristallform; gewöhnlich hat er die Gestalt ovaler Knollen, öfter ist er ausgebuchtet. Im Gegensatz zum Granat der meisten andern Eklogite zeigt er wenig Einschlüsse. Ausser Rutil in Säulchen und Körnern beherbergt er nur Pyroxen, wieder in Rissen. — Der Pyroxen, ebenfalls farblos, hat hier eine Auslöschungsschiefe von 45 Grad (c : c), und scheint demnach mehr zum gewöhnlichen Augit zu gehören. Seine Doppelbrechung $\gamma - \alpha$ beträgt 0,028. Auch hier ist er stellenweise von denselben parallelliegenden, stäbchenförmigen Interpositionsscharen von Rutil erfüllt, wie sie im Granatolivinfels beschrieben wurden. An seinen Rändern ist überall die an fast allen Eklogiten bekannt gewordene, feinste Ausfransung bemerkbar, welche nach den Untersuchungen von S. Franchi[1]) und L. Hezner[2]) eine randliche Umwandlung des Pyroxens in Hornblende und einen Plagioklas bedeutet, in kryptodiablastischer Verwachsung. Im Eklogit des Gordunotales steht dieser Prozess noch in den Anfangsstadien und die Fasern sind darum noch so ausserordentlich fein und dicht geschart, dass nur an wenigen Stellen deren einer, stärker lichtbrechender Bestandteil, als Hornblende erkannt werden kann, während die andere, schwächer lichtbrechende Komponente selbst mit den stärksten Vergrösserungen nicht fassbar wird. Es ist jedoch bei der vollkommenen Analogie der Erscheinung mit der „Feldspaturalitisierung" nicht zweifelhaft, dass auch hier ein Plagioklas vorhanden ist. Die zu seiner Bildung nötigen Alkalien müssen ursprünglich als Jadeitmolekül dem Pyroxen beigemischt sein, denn unter allen Komponenten des frischen Eklogits kann der in seiner Analyse (siehe später) auftretende Alkaligehalt nur diesem Gemengteil zugeschrieben werden. — Neben der faserigen Hornblende tritt im Eklogit auch eine bräunlichgrüne, körnige auf, allerdings nur in ganz kleinen Partikeln und so mit den Fasern verbunden, dass dieselben in sie hineinzuwachsen scheinen. Auch diese körnige Hornblende dürfte demnach aus dem Augit hervorgegangen sein, ganz wie in den Eklogiten des Oetztals; der Pleo-

[1]) S. Franchi, Über Feldspaturalitisierung der Natron-Tonerde-Pyroxene. N. J. f. Min. Geol. etc. 1902 II. S. 112.

[2]) L. Hezner, Ein Beitrag zur Kenntnis der Eklogite und Amphibolite. T. M. P. M. Bd. XXII 1903. S. 437.

Digitized by Google

chroismus ist deutlich bräunlichgrün nach c, gelblichgrün nach b, gelblich nach a; die Absorption $a > b > c$, die Auslöschungsschiefe auf (010) von c : c ca. 22°, die Doppelbrechung $(\gamma - \alpha) = 0{,}026$ (?). — Zoisit ist nur in einigen ganz vereinzelten Stengelchen gefunden worden. Der Quarz erscheint als seltener Einschluss oder auch in Nestern, letztere wohl sekundär infiltriert. Sehr reichlich ist Rutil vorhanden, öfter in der charakteristischen Zwillingsform; er tritt auch als Einschluss im Apatit auf.

Die Struktur des vorliegenden Eklogits ist die typische granoblastische der meisten Eklogite; ebenso normal ist seine chemische Zusammensetzung, welche durch die folgende Analyse erläutert wird:

| | | Molekular-prozente |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 45,41 | 48,2 |
| $TiO_2$ | 1,76 | 1,4 |
| $Al_2O_3$ | 14,26 | 9,5 |
| $Cr_2O_3$ | — | — |
| $Fe_2O_3$ | 4,14 | 1,7 |
| FeO | 9,03 | 8,0 |
| CaO | 11,32 | 12,9 |
| MgO | 9,26 | 14,8 |
| $K_2O$ | 0,95 | 0,6 |
| $Na_2O$ | 2,79 | 2,9 |
| $P_2O_5$ | 1,52 | — |
| $H_2O$ unter 110° | 0,06 | — |
| Glühverlust | 0,30 | — |
| | 100,80 | 100,0 |
| Spez. Gewicht | 3,44 | |

Daraus berechnen sich die systematischen Gruppenwerte (l. c):

S = 49,6
A = 3,5
C = 6,0
F = 31,4
M = 9,6
T = 0,0
K = 0,8

Projektionswerte nach Osann:

a = 1,5
c = 3,0
f = 15,5

Der Eklogit vom Gordunotal gehört nach seinem chemischen Charakter, wie die Mehrzahl aller chemisch untersuchten Vertreter dieser Gesteinsart unter die Derivate von Massengesteinen der Gabbroreihe. Seine Projektionswerte kommen denen des Osann'schen Typus Keewenaw ($s_{51}\ a_1\ c_5\ f_{14}$) sehr nahe.[1])

Wegen dieser unzweifelhaft gabbroiden Abstammung wurde die Berechnung der Analyse auch nach amerikanischer Weise ausgeführt und auch darnach reiht sich der Eklogit allen jenen Abteilungen ein, welchen die meisten Gabbrogesteine angehören.

[1]) Auffallend ist die Tatsache, dass Chrom vollständig fehlt, während es in den meisten vorher behandelten Gesteinen ziemlich stark vertreten ist; dagegen ist der Gehalt an $TiO_2$ und $P_2O_5$ merklich hoch. Es scheint diese Tatsache dafür zu sprechen, dass in Gesteinen der gabbroperidotitischen Reihe das Chrom sich in den ultrabasischen, die Titansäure und Phosphorsäure dagegen in den gabbroiden Formen zu konzentrieren pflegt.

Digitized by Google

| | | Molekular-Proport. | Orthoklos | Albit | Anorthit | Apatit | Ilmenit | Magnetit | Akermannit | Hypersthen | Olivin |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 45,41 | 757 | 60 | 270 | 170 | — | — | — | 63 | 79 | 115 |
| $TiO_2$ | 1,76 | 22 | — | — | — | — | 22 | — | — | — | — |
| $Al_2O_3$ | 14,26 | 140 | 10 | 45 | 85 | — | — | — | — | — | — |
| $Cr_2O_3$ | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| $Fe_2O_3$ | 4,14 | 26 | — | — | — | — | — | 26 | — | — | — |
| FeO | 9,03 | 125 | — | — | — | — | 22 | 26 | — | 27 | 50 |
| CaO | 11,32 | 202 | — | — | 85 | 33 | — | — | 84 | — | — |
| MgO | 9,26 | 232 | — | — | — | — | — | — | — | 52 | 180 |
| $K_2O$ | 0,95 | 10 | 10 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| $Na_2O$ | 2,79 | 45 | — | 45 | — | — | — | — | — | — | — |
| $P_2O_5$ | 1,52 | 11 | — | — | — | 11 | — | — | — | — | — |
| $H_2O$ unter 110° | 0,06 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Glühverlust | 0,30 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 100,80 | 1570 | | | | | | | | | |

Norm:

Sal. 52,77
- Orthoklas . . . . . $10 \times 556$ . . . . 5,56
- Albit . . . . . $45 \times 524$ . . . . 23,58
- Anorthit . . . . . $85 \times 278$ . . . . 23,63

} F = 52,77

Fem. 47,72
- Apatit . . . . . $11 \times 310$ . . . . 3,41
- Ilmenit . . . . . $22 \times 152$ . . . . 3,34
- Magnetit . . . . . $26 \times 232$ . . . . 6,03
- Akermannit . . . . $21 \times 404$ . . . . 8,48
- Hypersthen . . . { $27 \times 132$ . . . . 3,56 ; $52 \times 100$ . . . . 5,20 } H = 8,76
- Olivin . . . . . { $180 \times 70$ . . . . 12,60 ; $50 \times 102$ . . . . 5,10 } O = 17,70

Class: III

$$\frac{Sal}{Fem} = \frac{52,77}{47,72} < \frac{5}{3} > \frac{3}{5}$$

Salfemane

Order: 5

$$\frac{Q}{F} = \frac{0,00}{52,77} < \frac{1}{7}$$

Gallare

Rang: 4

$$\frac{K_2O + Na_2O}{CaO} = \frac{55}{202} < \frac{3}{5} > \frac{1}{7}$$

Auvergnase

Subrang: 3

$$\frac{K_2O}{Na_2O} = \frac{10}{45} < \frac{3}{5}$$

Auvergnose

Als „kristalliner Schiefer" fällt der Eklogit des Gordunotales, wie die übrigen, in die 4. Gruppe und zeigt eine sehr grosse Annäherung an die mittleren Werte derselben (l. c. Seite 80).

Fast alle bekannt gewordenen Eklogitvorkommnisse sind von einer oft sehr grossen und wechselvollen Menge von Amphiboliten begleitet. Solche Gesteine fehlen auch im Gefolge des vorliegenden Beispieles nicht ganz; doch ist ihr Auftreten so geringfügig, dass sie nur als Anhang zum Eklogit betrachtet werden können. Man kann zwei Arten von Amphiboliten unterscheiden:

Digitized by Google

a) Eklogitamphibolite,
b) Gewöhnliche Feldspatamphibolite.

a) Der Eklogitamphibolit tritt fleckenweise innerhalb des Eklogites auf und ist aus demselben dadurch entstanden, dass die ausfasernde Hornblendisierung des Pyroxens weiter fortgeschritten ist, so dass in dem kryptodiablastischen Feldspaturalitgewebe nur noch grössere oder kleinere Kerne von Pyroxen neben den Granatkörnern zurückbleiben, ein Übergang, der schon wiederholt eingehend beschrieben worden ist.

b) Der gewöhnliche Feldspatamphibolit wurde nur in einzelnen Blöcken im Trümmerfeld des Eklogites gefunden. Er zeigt die üblichen Komponenten Plagioklas und grüne Hornblende, annähernd massige Textur und eine verwischte Gabbrostruktur. Ein direkter genetischer Zusammenhang dieses Amphibolits mit dem Eklogit ist kaum anzunehmen. Nach Analogie mit andern Vorkommnissen (Oetztal, Allalingebiet, Gebiet des Mont blanc etc.) liegen in den beiden Gesteinen chemisch gleichartige Substanzen vor, welche aber durch die Metamorphose in verschiedener Weise umgestempelt wurden.

## 6. Der Kontakthof.

Der den Granatolivinfels und seine Begleitgesteine umfassende kleine Stock ist, wie bereits früher erwähnt, von aplitisch injiciertem Gneiss umgeben, der direkte an der Berührungsstelle mit jenen Gesteinen eine ganz schmale, aber intensive Kontaktzone aufweist. Die Kontaktmetamorphose äussert sich in folgenden Erscheinungen:

Makroskopisch. Die Lagentextur des injicierten Gneisses wird gegen den Kontakt hin undeutlicher, ebenso die Schieferung, die Farbe des Gneisses dunkler durch reicheres Auftreten von Biotit. Zu ihm gesellt sich mehr und mehr Hornblende, so dass nahezu amphibolitische Partien entstehen. Das Korn des Gneisses ist am Kontakt gröber geworden; zudem sind helle, schmale, zuckerkörnige Lagen eingetreten, welche aus einer farblosen Komponente, aus hellgrünem Augit und etwas Biotit bestehen.

Mikroskopisch. In weniger verändertem Gneiss hat der Biotit die typisch rotbraune Farbe des gebrannten Tones angenommen; Granat, siebartig von Einschlüssen durchsetzt, tritt ein. Die stärker umgewandelten, amphibolreicheren, und besonders die zuckerkörnigen Partien schneiden gegen diesen schwächer modifizierten, noch parallel texturierten Gneiss ziemlich unvermittelt ab und zeigen neben einem sehr veränderten Mineralbestand eine ganz andere Struktur. Die neuen Mineralien sind: grosskörniger Skapolith, Titanit, Salit und

Digitized by Google

grüne Hornblende, letztere zwei oft in Parallelverwachsung. Alle diese Komponenten bilden neben rotem Biotit, Granat und wenig Plagioklas grosse lappige Körner und liegen als Einschlüsse im farblosen Skapolith, der vermöge seiner schwachen Lichtbrechung wie der Untergrund eines Teppichs wirkt. So entsteht eine ganz ausgezeichnete Siebstruktur, womit gleichzeitig die Schieferung verloren geht. — Durch den neuen Mineralbestand der stark veränderten Partien offenbart sich ein gegenüber dem normalen Gneiss wesentlich verschiedener Chemismus, welcher wohl einige substantielle Beeinflussung von Seite des Intrusivgesteins voraussetzen lässt. Ob und in welcher Art eine solche stattgefunden, soll durch weitere Untersuchungen festgestellt werden.

## 7. Genetische Schlussbetrachtungen.

In der Geschichte des Granatolivinfelses vom Gordunotal und seiner Begleitgesteine lassen sich nach Zusammenfassung aller Beobachtungen drei Perioden unterscheiden:

Die erste Periode umfasst die Intrusion und Verfestigung eines basischen Magmas, sowie die Spaltung desselben in einen ultrabasischen peridotitischen Hauptzweig, der durch die Olivingesteine repräsentiert wird, und in einen peripherisch gelegenen Nebenzweig, den die Gesteine mit gabbroidem Chemismus vertreten. Bei der Intrusion wurde das Nebengestein, der aplitisch injizierte Gneiss, in einer schmalen Zone kontaktmetamorph verändert. Die basischen Massengesteine müssen also jünger sein, als der Gneiss, und auch jünger, als der Vorgang seiner aplitischen Injektion.

Die zweite Periode wird zunächst markiert durch die Umwandlung des gabbroiden Gesteins in den Eklogit und Feldspatamphibolit. Bei der Eklogitbildung findet ein Übergang des anorthitischen Anteils des Plagioklases in Granat statt, unter gleichzeitiger Substanzabgabe durch den Olivin oder Augit des Gabbro, nach den Gleichungen:

$$\begin{array}{ccccc} \text{Olivin} & + & \text{Anorthit} & \longrightarrow & \text{Pyrop} \\ Si\,O_4\,Mg\,Fe & + & Si_2\,O_8\,Al_2\,Ca & \longrightarrow & (Si\,O_4)_3\,Al_2\,Ca\,Fe\,Mg \\ \underbrace{45{,}6\,^{1)} \qquad\qquad 101{,}1}_{146{,}7} & & & & 118 \end{array}$$

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Anorthit} & + & \text{Augit} & + & \text{Olivin} & \longrightarrow & \text{Granat} \\ Si_2\,O_8\,Al_2\,Ca & + & \left\{\begin{array}{l}(Si\,O_3)_2\,Ca\,Mg \\ Si\,O_6\,Al_2\,Mg\end{array}\right. & + & Si\,O_4\,Mg_2 & \longrightarrow & 2\,(Si\,O_4)_3\,Al_2\,Ca\,Mg_2 \\ \underbrace{101{,}1 \qquad\qquad 126{,}7 \qquad\qquad 43{,}9}_{271{,}7} & & & & & & \underbrace{2\,.\,120{,}6}_{241{,}2} \end{array}$$

[1]) Die Zahlen bedeuten das Molekularvolumen $\left(= \frac{\text{Molekulargewicht}}{\text{Spezifisches Gewicht}}\right)$.

Digitized by Google

Der albitische Anteil des Plagioklases geht über in das Jadeitmolekül, welches dem Pyroxen (Omphacit) des Eklogites beigemischt ist.

| Albit | ⟶ | Jadeit | + Quarz |
|---|---|---|---|
| $Si_3 O_8 Al Na$ | ⟶ | $(Si O_3)_2 Al Na$ | + $Si O_2$ |
| 100,3 | | 64,8 | 22,8 |
| | | 87,6 , | |

Alle diese Umwandlungen sind mit Volumenverkleinerung verbunden, werden also unter Mitwirkung von Druck vor sich gehen. Die Eklogite gelten nach Mineralbestand, Struktur und Textur als kristalline Schiefer, deren Ausbildung sich in grösserer Tiefe der Erdrinde vollzog. Darnach charakterisiert sich die zweite Periode durch den Vorgang einer Metamorphose innerhalb der tiefsten Zone. [1]) Die Umwandlung von Gabbro in Feldspatamphibolit setzt ein einfaches Zusammentreten zweier Augitmoleküle zum polymeren Hornblendemolekül voraus, womit zugleich wieder eine ganz kleine Volumenverminderung verbunden ist, ein Vorgang, der sich ebenfalls in grösserer Erdtiefe abspielen kann.

Die Eklogitisierung des gabbroiden Gesteins mit ihrer Neubildung von Granat macht es nun in hohem Grade wahrscheinlich, dass auch der so enge mit ihm verbundene Granatolivinfels ein metamorphes Gestein darstellt, dessen Granat als ein Umwandlungsprodukt aus Augit allein, oder aus diopsidischem Pyroxen und Spinell betrachtet werden kann. Darnach müsste das ihm ursprünglich zu Grunde liegende Gestein ein Augitperidotit gewesen sein.[2]) Folgende Gleichungen geben ein Bild dieser Vorgänge:

| Augit | ⟶ | Granat |
|---|---|---|
| $(Si O_3)_2 Ca Mg$<br>$Si O_6 Al_2 Mg$ | ⟶ | $(Si O_4)_3 Al_2 Mg_2 Ca$ |
| 126,7 | | 120,6 |

| Diopsidischer Pyroxen | + Spinell | ⟶ | Granat | + Olivin |
|---|---|---|---|---|
| $3 (Si O_3)_2 Ca Mg$<br>$Si O_6 Al_2 Mg$ | + $Al_2 O_4 Mg$ | ⟶ | $(Si O_4)_6 Al_4 Mg_3 Ca_3$ | + $Si O_4 Mg_2$ |
| 262,7 | 40,6 | | 243,8 | 43,9 |
| 303,3 | | | 287,7 | |

[1]) Grubenmann, U. Kristalline Schiefer II. Teil. S. 81.

[2]) Ein allerdings schon etwas carbonatisierter Augitperidotit, welcher ebenfalls in injizierten Gneiss eingedrungen ist, liegt 16 km. nördlicher, am Ausgang des Bleniotales und wird als dekorativer Baustein ausgebeutet. Seine Untersuchung ist noch nicht abgeschlossen.

Digitized by Google

Die Struktur und nahezu massige Textur des Granatolivinfelses sind der Annahme, dass er in grösseren Tiefen entstanden sei, nicht entgegen.

In die dritte Periode der Gesteinsausbildung fallen die Prozesse der Feldspaturalitisierung, die Kelyphit- und Strahlsteinbildung, sodann die Entstehung des Klinochlorschiefers und Talkschiefers, sowie endlich die Serpentinisierungsvorgänge.

Zur Erklärung der drei erstgenannten Prozesse mögen nachfolgende Gleichungen dienen:

1. Feldspaturalitisierung:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix}2\,(Si\,O_3)_2\,Ca\,Mg\\ 2\,Si\,O_6\,Al_2\,Mg\\ (Si\,O_3)_2\,Al\,Na\end{matrix}\right\}}_{314{,}8} + \underbrace{2\,Si\,O_2}_{45{,}6} \longrightarrow \underbrace{\left.\begin{matrix}Si_2\,O_8\,Al\,Na\\ Si_2\,O_8\,Al_2\,Ca\end{matrix}\right\}}_{201{,}4} + \underbrace{\left.\begin{matrix}\text{Strahlsteinartige Hornblende}\\ (Si\,O_3)_4\,Mg_3\,Ca\\ Si\,O_6\,Al_2\,Mg\end{matrix}\right\}}_{187{,}3}$$

$360{,}4 \qquad\qquad 388{,}7$

2. Kelyphitbildung.

$$\underbrace{(Si\,O_4)_3\,Al_2\,Ca\,Fe\,Mg}_{118} + \underbrace{Si\,O_4\,Mg_2}_{43{,}9} \longrightarrow \underbrace{(Si\,O_3)_4\,Ca\,Fe\,Mg_2}_{135} + \underbrace{Al_2\,O_4\,Mg}_{40{,}6}$$

$161{,}9 \qquad\qquad 175{,}6$

3. Bildung von Strahlsteinschiefer.

$$\underbrace{Si\,O_4\,Mg_2}_{43{,}9} + \underbrace{(Si\,O_3)_2\,Ca\,Mg}_{68} + \underbrace{Si\,O_2}_{22{,}8} \longrightarrow \underbrace{(Si\,O_3)_4\,Ca\,Mg_3}_{135}$$

$134{,}7$

Diesen drei Vorgängen ist gemeinsam, dass sie sich unter schwacher Volumenvermehrung, also wohl unter abnehmendem Druck vollziehen; zugleich erfolgen sie ohne wesentliche Änderung des Chemismus.

Im Gegensatz hiezu realisiert sich die Entstehung von Klinochlor- und Talkschiefer, sowie die Serpentinisierung unter Zufuhr von Wasser, Sauerstoff und Kohlensäure, wie aus folgenden Gleichungen hervorgeht:

4. Bildung von Klinochlorschiefer.

a) aus Granatolivinfels:

$$(Si\,O_4)_3\,Al_2\,Mg_3 + Si\,O_4\,Mg_2 + 4\,H_2\,O \longrightarrow \left.\begin{matrix}Si_2\,O_9\,Al_2\,Mg_2\,H_4\\ Si_2\,O_9\,Mg_3\,H_4\end{matrix}\right\}$$

(Granat + Olivin + Wasser → Klinochlor)

b) aus Kelyphit:

$$\left.\begin{matrix}3\,(Si\,O_3)_4\,Ca\,Mg_3\\ Si\,O_6\,Al_2\,Mg\end{matrix}\right\} + 2\,Al_2\,O_4\,Mg + 12\,H_2\,O \longrightarrow \left.\begin{matrix}3\,Si\,O_9\,Al_2\,Mg_2\,H_4\\ 3\,Si_2\,O_9\,Mg_2\,Ca\,H_4\end{matrix}\right\} + 4\,Si\,O_2$$

(Hornblende + Spinell + Wasser → Klinochlor + Quarz)

Digitized by Google

5. Bildung von Talkschiefer.

| Strahlstein | + | Kohlensäure | ⟶ | Talk | + | Calcit |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $(Si\,O_3)_4\,Ca\,Mg_3$ | + | $H_2\,C\,O_3$ | ⟶ | $(Si\,O_3)_4\,Mg_3\,H_2$ | + | $Ca\,C\,O_3$ |

6. Bildung von Serpentin.

| Olivin | + | Wasser | + | Sauerstoff | ⟶ | Serpentin | + | Magnetit | + | Quarz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $3\,Si\,O_4\,Mg\,Fe$ | + | $2\,H_2\,O$ | + | $O$ | ⟶ | $Si_2\,O_9\,Mg_3\,H_4$ | + | $Fe_3\,O_4$ | + | $Si\,O_2$ |

Die während der dritten Periode neugebildeten Mineralsubstanzen gelten als solche, die in der Erdrinde in höheren Niveaus entstehen. Ein Teil derselben, besonders die stark wasserhaltigen Komponenten, wie Klinochlor, Talk und vor allem Serpentin, werden auch als Verwitterungsprodukte angesehen, während die Phänomene der Feldspaturalitisierung, Kelyphitisierung und Strahlsteinbildung als solche taxiert sind, die noch unterhalb des Verwitterungsgürtels sich vollziehen.

Daraus darf geschlossen werden, dass der ganze, aus den beiden Olivinfelsen und dem Eklogit bestehende Gesteinskomplex durch gebirgsbildende Prozesse aus der Tiefe allmählich in ein höheres Niveau versetzt worden ist, worauf auch die gegenwärtigen Lagerungsverhältnisse der Gesteine hinweisen (Konkordanz in der steil südfallenden Schieferung und Bankung bei den Olivinfelsen und den sie umgebenden Gneissen). — In den Mineralbildungen während der dritten Periode äussert sich demgemäss ein Bestreben jener Gesteine, sich den neuen Gleichgewichtslagen anzupassen. Damit hängt auch zusammen die Ausbildung kataklastischer Erscheinungen (undulöse Auslöschung, verschiedengradige Trümmerstruktur), sowie die Entstehung der Schieferung (Paralleltextur) und der gestreckten Knollen von Klinochlor.

So bietet der Granatolivinfels des Gordunotales und seine Begleitgesteine durch den mannigfachen petrographischen und mineralischen Inhalt ein interessantes und lehrreiches Beispiel dafür, wie im Lichte petrogenetischer Prozesse bestimmte Mineralassociationen sich gegenseitig bedingen und in ihrem notwendigen Nebeneinandervorkommen verständlich werden.

Digitized by Google

# Zur Frage nach der Abhängigkeit der Gravitationskraft vom Zwischenmedium.

Von

Theodor Erismann.

## I.

### Allgemein methodologische Betrachtungen in ihrem Zusammenhang mit der Frage nach der unmittelbaren Fernewirkung.

Die gesamte moderne Naturwissenschaft ist aufgebaut auf der unmittelbaren Beobachtung der Natur und dem wissenschaftlichen Experiment. So oft auch Theorie und Hypothese zur Auffindung neuer Gesetze geführt haben mögen, so entspringen sie selbst doch wieder der Beobachtung von Einzeltatsachen und bedürfen des Experimentes zu ihrer Bestätigung. Wir können schlechthin gar nichts über die Natur der Dinge und die sie beherrschenden Gesetze a priori aussagen, denn bei den letzten Eigenschaften der Dinge und den Grundgesetzen, denen sie gehorchen, haben wir es nicht mit einem logischen Verstehen, auf Grund dessen wir uns dieselben selbst zurecht legen könnten, oder gar mit einem Definieren und Konstruieren wie in der Mathematik zu tun, sondern mit einem Hinnehmen der sich uns darbietenden Tatsachen.[1])

Alle Versuche, solch letzte Tatsachen zu begründen und logisch abzuleiten, sind missglückt. So der Versuch, die Unzerstörbarkeit der Materie als eine logische Notwendigkeit hinzustellen (Kant „Kritik der reinen Vernunft", Ausgabe von Kirchmann, p. 62 und 64, 1901; Schopenhauer „Welt als Wille und Vorstellung"); so die als selbstverständlich angenommene und durch Jahrhunderte behauptete Eigenschaft der Materie, nicht nur zum *Bewegtwerden,* sondern auch zur *Erhaltung* der Bewegung einer besonderen Kraft zu bedürfen; denn auch sie widerspricht aufs Schärfste unserer auf Grundlage des Experimentes gewonnenen Anschauung über diese Grundeigenschaft der Materie. — Man denke ferner an die Naturphilosophie eines Schelling, die eine zeitlang sich mächtig auszubreiten begann, um bald darauf

[1]) Wir wollen hier absehen von denjenigen Eigenschaften der Dinge und ihren Beziehungen, die begründet sind in ihrem *Gegebensein im Raum* (geometrische Axiome).

Digitized by Google

von den aufstrebenden Naturwissenschaften untergraben und gänzlich verdrängt zu werden; oder, um ein Beispiel zu nennen, das der vorliegenden Arbeit näher liegt, — an die auch heutzutage noch so oft aufgestellte Behauptung, dass es doch „selbstverständlich" sei, dass das Gewicht von 1000 Gramm in Einzelstücken gewogen gleich sein muss ihrem Totalgewicht bei einer Gesamtwägung, während doch schon ein Parallelbeispiel auf dem Gebiete des Magnetismus uns des Besseren belehrt. — Selbst die Notwendigkeit der allgemeinsten Annahme der Naturwissenschaften, nämlich der kausalen Verbindung zwischen aufeinanderfolgenden Naturerscheinungen, ist schon von Hume, und neuerdings wieder, wenn auch in anderer Form, von Mach und seinen Anhängern stark in Zweifel gezogen worden. — Die einzige logische Forderung, die wir demnach an die Lösung irgend eines naturwissenschaftlichen Problemes stellen dürfen, besteht darin, *dass sie keinen Widerspruch in sich selbst enthalten darf; über alles andere entscheidet das Experiment.*

Um nun zur vorliegenden Arbeit überzugehen, wollen wir *ihre Aufgabe genau formulieren: sie soll ein Versuch sein, die Antwort auf die Frage zu geben, ob die Gravitationskraft, die zwischen zwei entfernten Körpern wirkt, in irgend welcher Abhängigkeit steht von dem diese beiden Körper trennenden Medium.* — So gefasst, deckt sie sich fast vollkommen mit der Frage nach der *unmittelbaren Fernewirkung* der Gravitationskraft.

*Ist überhaupt eine unmittelbare Fernewirkung denkbar?* Ist es, rein logisch gefasst, möglich, anzunehmen, *dass ein Körper an einem Orte des Raumes wirken könne, wo er nicht ist;* durch ein absolutes Vacuum hindurch, also so zu sagen, bloss infolge der Tatsache seines Bestehens?

Bei solchen Fragen ist es oft ratsam, sich in der Geschichte über die zu verschiedenen Zeiten verbreiteten Anschauungen zu orientieren. Da stellen sich sehr merkwürdige Widersprüche gerade diesem Problem gegenüber heraus: während Newton in einem Brief an Bentley eine unvermittelte Fernewirkung als „eine so grosse Absurdität" behandelt „dass niemand, der in philosophischen Dingen eine ausreichende Denkfähigkeit besitzt, jemals darauf verfallen könne", — war schon für Kant und seine Zeitgenossen die Fernewirkung „nicht nur begreiflich, sondern sogar selbstverständlich und a priori notwendig"[1]). Nach unserer Einleitung ergibt sich's aber, dass schon eine solche Fragestellung der naturwissenschaftlichen Methodik wider-

[1]) Wundt: Erkenntnislehre, zweite Auflage, p. 616; Kant: Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft, Werke, Ausg. v. Rosenkranz, Bd. 5, p. 358 ff.

Digitized by Google

spricht: im allerbesten Falle würden wir ja die Gravitation auf einen Stoss oder eine Anziehung unmittelbar benachbarter Teilchen zurückführen können, die ebenso wenig einen Widerspruch in sich enthalten, aber auch genau ebenso wenig „logisch denkbar" oder verständlich sind, wie irgend eine Fernewirkung (siehe auch Wundt: Erkenntnislehre, zweite Auflage, p. 616—618).

Wohl besteht in der gegenwärtigen Physik die Tendenz, alle Kräfte auf Nahewirkungskräfte zurückzuführen; auch ist dieses Bestreben bei der Untersuchung aller anderen Kräfte von grossem Erfolg begleitet gewesen. Von diesem Standpunkte aus erscheint es von unverkennbarem Werte, den anderen Kräften auch die Gravitation anzugliedern und auf diese Weise eine grosse Einheit in den Begriff der Kraft hineinzutragen. Wie sich die anderen Kräfte als bloss *scheinbare* Fernewirkungskräfte erwiesen, so könnte es ja auch mit der Gravitation geschehen. Wir dürfen uns aber dabei nicht verhehlen, dass sich die Gravitation doch in sehr manchen Eigenschaften von den übrigen Kräften unterscheidet; warum — können wir da die Frage aufwerfen — sollte sich nicht auch die besprochene Eigenschaft der Wirkung im Raume als verschieden erweisen? Man sieht: durch allgemein theoretische Auseinandersetzungen lässt sich's der Frage nicht näher kommen, und so sind wir denn gezwungen, ihre Lösung dem Experiment zu überlassen.

Wir haben oben erwähnt, dass die Hauptaufgabe der vorliegenden Arbeit sich mit der Frage nach der unvermittelten Fernewirkung nicht ganz deckt; in der Tat kann die Gravitation immer noch eine Nahewirkungskraft sein, auch wenn ihre Grösse sich als ganz unabhängig von der Beschaffenheit der die beiden gravitierenden Massen trennenden Körper erweisen würde. Man könnte auch dann immer noch annehmen, dass gerade das Leitungsvermögen für die Gravitationskraft allen Arten von Materie, den Aether inbegriffen, in genau gleichem Masse zukomme; oder doch wenigstens, dass die mutmasslichen Modifikationen, die der Aether im Innern *verschiedener* Körper erfährt (vorausgesetzt, dass er das leitende Medium sei), von keinem Einfluss auf seine Leitungsfähigkeit der Gravitation gegenüber seien. Hingegen würde eine bejahende Antwort auf unsere Hauptfrage die Anschauung über die Gravitation als eine unvermittelte Fernewirkungskraft ein für alle mal beseitigen. — Dies wäre aber nicht die einzige Konsequenz, die sich aus einer solchen Feststellung ergibt. Denn dadurch wäre nun mit einem Schlage die vornehme Sonderstellung der Gravitation allen anderen Kräften gegenüber vernichtet, es liesse sich an eine Zurückführung der Gravitation auf Elektrizität, an eine Fort-

Digitized by Google

pflanzungsgeschwindigkeit der Gravitationskraft denken; ganz ungeahnte Abhängigkeitsbeziehungen zwischen bis jetzt völlig fremden Gebieten könnten hervortreten. Was die praktische Anwendung dieser Resultate betrifft, so würden sie für unsere „lokalen", irdischen Untersuchungen wohl kaum von Bedeutung sein können, bei der mutmasslich sehr geringen Änderung der Gravitation in Abhängigkeit von Zwischenmedium; doch schon für die Bestimmung der Masse der Erde und der anderen Planeten würde die Berücksichtigung dieser Änderung von prinzipieller Bedeutung sein. — Wir wollen uns hier aber nicht länger bei den möglichen Folgen der noch ungewissen Resultate unserer Untersuchungen aufhalten, bevor wir die Resultate selber und den Weg, der zu ihnen führt, näher kennen gelernt haben.

## II.

## Experimentelle Feststellungen zur Lösung vorliegender Frage.

Von welchen Gesichtspunkten werden wir uns nun bei der Wahl der vorzunehmenden Experimente leiten lassen? — Die hier in Betracht kommenden Experimente zerfallen in zwei Klassen: solche, die zur Voraussetzung gewisse hypothetische Eigenschaften der Gravitation haben, und solche, die sich frei von allen Voraussetzungen unmittelbar auf die Hauptfrage unserer Arbeit richten. Beide Arten von Versuchen sind auch früher schon durchgeführt worden, und wir wollen in aller Kürze ihre Methoden und Ergebnisse mitteilen.

*Crémieu* war es, der sich als Erster mit der erstgenannten Art von Versuchen abgab. Seine Arbeiten sind veröffentlicht in „Comptes Rendus" 1905: Band 140, p. 80; Bd. 141, p. 653; Bd. 141, p. 713; 1906: Bd. 143, p. 887; und „Journal de Physique", 1906: (4) 5, p. 25. — Von der Annahme ausgehend, dass die Gravitation nur eine *scheinbare* Anziehungskraft, die zwischen den Körpern auftritt, sei (genau von der gleichen Art wie etwa die „Anziehung" zwischen der Wasserfläche und einem aus der Tiefe aufwärtsstrebenden Kork oder Stück Holz), — tatsächlich aber auf den Ätherdruck zurückzuführen ist, welcher entsteht, weil sich der Äther gleichsam zu einem Kontinuum zu vereinigen strebt und die Körper aus sich heraus drängen möchte, nimmt Crémieu an, dass die Grösse der zwischen zwei Körpern wirkenden Gravitation nicht nur von ihrer Masse, sondern auch von ihrer sonstigen Beschaffenheit abhängig sei, da doch, wie bekannt, der Zustand und die Beschaffenheit der Körper auch auf den Zustand des benachbarten Äthers von Einfluss ist. Er taucht nun Körper von genau gleichem spezifischem Gewicht wie die umgebende Flüssigkeit in dieselbe hinein (Öltropfen in ein Gemisch von

Digitized by Google

Wasser u. Alkohol). Wäre das Newtonsche Gesetz in der ihm gewöhnlich gegebenen Form richtig, so müssten sich die beiden Körperchen weder einander nähern noch sich von einander entfernen, — tatsächlich bemerkt aber Crémieu eine allerdings sehr langsam vor sich gehende Annäherung der eingetauchten Fremdkörperchen. Crémieu schliesst daraus auf die Richtigkeit der Hypothese, von der er ausgegangen war. Allerdings sind diese Versuche so subtil und die dabei zu berücksichtigenden Fehlerquellen so schwer zu vermeiden, dass Crémieu selbst seine Versuche für noch nicht abgeschlossen hält und noch weitere unter günstigeren Bedingungen durchzuführen beabsichtigt.

Ich will von den Versuchen von *Mackenzie, Gray und Poynting* mit Kristallen von verschieden orientierter Axenrichtung absehen, da sie zu keinen eindeutigen Ergebnissen geführt haben, und nun direkt zum Experiment von *Austin und Thwing* („Physical Review" 1897, p. 294) übergehen, das der Methode nach demjenigen der vorliegenden Arbeit sehr nahe steht, und hier — in einer allerdings sehr schematischen Weise — beschrieben werden soll. Als eine die Gravitationskraft messende Vorrichtung wird von den beiden Forschern nach dem Vorgange von Cavendish eine nicht wesentlich modifizierte Coulombsche Drehwage verwendet. Anstatt der *elektrisch* geladenen Körper wirken aber die an den Enden des Querbalkens angebrachten Metallkörperchen und grössere Metallklötze, die in ihrer Nähe aufgestellt sind, *gravitierend* auf einander. Zwischen die anziehenden und die angezogenen Körper werden nun Platten von verschiedenster Beschaffenheit eingeführt und zugesehen, ob die Grösse der Ablenkung unter diesen Umständen, da die Gravitation durch die Platten hindurch wirken muss, sich in irgend einer Weise verändert hat (siehe Fig. 1).

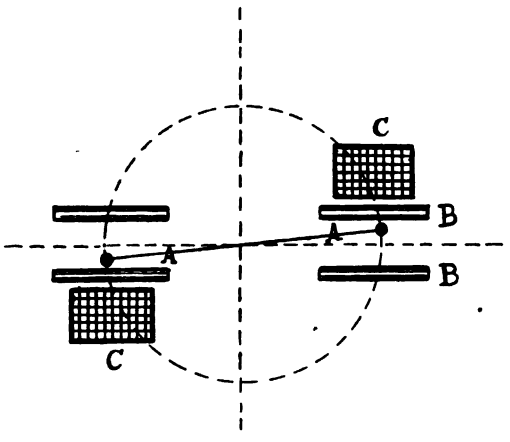



Fig. 1. Wagrechter Querschnitt in der Balkenhöhe. *A* Balken mit Kügelchen; *B* Zwischenmedium; *C* Anziehende Masse.

Ich gebe hier diese kurze Beschreibung und eine Zeichnung des Instrumentes, da das von mir verwendete auf dem gleichen Prinzip beruht, allerdings aber im Ausbau und in Einzelheiten sehr stark davon abweicht. Es sei gleich bemerkt, dass eine wichtige Änderung dieses Instrumentes dadurch notwendig geworden ist, dass



Digitized by Google

bei der angegebenen Lage der Platten ihr Einfluss als Zwischenmedium schwierig zu trennen ist von der anziehenden Wirkung, die sie als massenbegabte Körper selbst wieder auf die beweglichen Körperchen ausüben müssen. Selbst wenn die Körperchen von zwei gleichdicken und im Anfang gleichweit abstehenden Platten eingeschirmt sind, wird sich der Abstand sofort ändern, sobald im Verlauf des Experimentes eine Verschiebung des Querbalkens stattgefunden hat. Eine Vergrösserung des Ausschlages mit Zwischenmedium würde also an und für sich noch nichts beweisen; aber selbst wenn der Ausschlag sich nicht ändern würde, hätte man keine völlige Garantie dafür, dass sich die beiden Wirkungen des Zwischenmediums, die ihm als Leiter und gravitierende Substanz zukommen, nicht nahezu aufheben, namentlich wenn man die naheliegende Annahme macht, die Absorbtion der Gravitationskraft könnte in Abhängigkeit stehen von der Masse des Zwischenmediums. Ferner wird bei planparallelen Platten eine Änderung infolge einer möglichen Brechung der Kraftlinien nicht zum Ausdruck gebracht. Auf welche Weise nun andere Forscher beim weiteren Ausbau des Apparates diesen Übelständen abzuhelfen versuchten, wird im Folgenden näher ausgeführt werden.

Das Ergebnis der Untersuchungen von Austin und Thwing war ein negatives, d. h. der Einfluss des Zwischenmediums lag, — wenn vorhanden, — unter der Fehlergrenze, die von ihnen bei $^1/_{500}$ der gesamten Verschiebung angegeben wird.

Weitere Versuche ähnlicher Art sind wieder von *Crémieu* ausgeführt worden. Anstatt das Zwischenmedium aus Platten bestehen zu lassen, tauchte er — natürlich unter sehr grossen Vorsichtsmassregeln — den unteren Teil der Drehwage, samt dem angezogenen und den anziehenden Körpern in Wasser, um dann zuzusehen, ob die gegenseitige Anziehung der beiden Körper einfach dem Gesetze von Archimedes, das unter diesen Umständen sich natürlich geltend machen muss, entsprechend abnimmt, oder ob die so veränderten Umstände eine Änderung der Gravitationskonstante nach sich ziehen werden. Crémieu arbeitete unter Verwendung der höchsten Vorsichtsmassregeln und sehr teurer Apparate, in einem eigens dazu eingerichteten Raume, auf felsigem Boden, etwa 2 km von jeglicher Wohnstätte entfernt; seine Versuche lassen sich also in einem gewöhnlichen Laboratorium, in der Nähe von Stadtverkehr und den tausenderlei Erschütterungen, die durch ihn verursacht werden, weder wiederholen noch prüfen. Seine Apparate baute er während mehr als zwei Jahren immer weiter aus mit den ihm von der „Caisse de Recherches" zur Verfügung gestellten Mitteln. Das

Digitized by Google

vorläufige Resultat, zu dem er gelangte, fasst er kurz in den Worten zusammen: „Tout ce qu'on peut dire c'est que, dans l'état actuel de la question, il *semblerait*[1]) que dans un champ gravifique très convergent, un corps plongé dans un liquide serait soumis à quelque chose de plus que la différence entre la poussée hydrostatique et l'attraction newtonnienne." (Comptes Rendus, 1906, Bd. 143, p. 887.) Aus dem angeführten Zitat ersieht man, dass Crémieu seine Versuche trotz aller Vorsicht, mit der sie durchgeführt wurden, für noch nicht abschliessend ansieht. Das hat seinen Grund darin, dass, wenn auch alle Versuche im gleichen Sinne ausgefallen sind, zwischen den einzelnen Werten sehr grosse Differenzen hervortreten: das Verhältnis der Verschiebung mit und ohne Wasser sollte nach Archimedes 0,919 betragen, die von Crémieu erhaltenen Werte liegen aber zwischen den Grenzen von 0,928 und 1,029. Diese Unterschiede erklärt Crémieu durch die Prismenwirkung des Fensters beim Ablesen. Ferner sieht man, dass die Fragestellung von Crémieu sich mit der unsrigen nicht vollkommen deckt und also auch seine Antwort den Resultaten unsrer Arbeit in keiner Weise vorgreift.

Eine unmittelbare Fortsetzung der Arbeit von Austin und Thwing bildet die Dissertation von *Laager („Versuch, mit der Drehwage die Abhängigkeit der Gravitation vom Zwischenmedium nachzuweisen"*, Haller'sche Buchhandlung Bern, 1904), die er am hiesigen Laboratorium ausarbeitete. Die schon oben angedeuteten Misstände der früheren Methode suchte Laager dadurch zu beseitigen, dass er anstatt der Platten die Wandung eines senkrecht stehenden Zylinders als Zwischenmedium verwendete, in dessen vertikaler Achse der Faden mit dem daran befindlichen Querbalken aufgehängt war, so dass letzterer gleichsam den Durchmesser des Zylinders abmass, und die angezogenen Kügelchen sich bei ihrer Bewegung im Innern desselben auf der Peripherie eines zum Zylinder konzentrischen Kreises bewegten (siehe Fig. 2 auf folgender Seite).

Die anziehenden Kugeln konnten vermittels einer Rollbahn, die einen mit dem übrigen Instrument in gar keiner Verbindung stehenden Teil bildet, von Stellung A in Stellung B gebracht werden, was eine entgegengesetzte Richtung der zwischen den Kugeln wirkenden Gravitation zur Folge hatte. Diese Art der Verschiebung der grossen Kugeln erwies sich als vorzüglich, da das eigentliche Instrument mit dem Gehänge, das auf eigenen Füssen aufgestellt war, durch das Auswechseln der Stellungen A und B nicht die geringste Erschütterung erfuhr; sie wurde auch bei meiner Arbeit in gleicher Form beibehalten.

[1]) Durch Kursivschrift von mir hervorgehoben.

Digitized by Google

Laager konstatierte bei seinen Versuchen eine sehr merkliche Abhängigkeit der Gravitationswirkung vom Zwischenmedium; doch auch seine Versuche können durchaus nicht als abschliessend betrachtet werden, denn abgesehen davon, dass die Zylinderform des Zwischenmediums, wie die nachher angestellte Rechnung deutlich zeigte, durchaus nicht ein sicheres Schutzmittel gegen einen analogen Fehler bietet, wie er sich in den Versuchen von Austin und Thwing geltend machte *(sehr* kleine Differenzen in der Aufstellung des Zylinders, die beim Auswechseln der Zylinder unver-

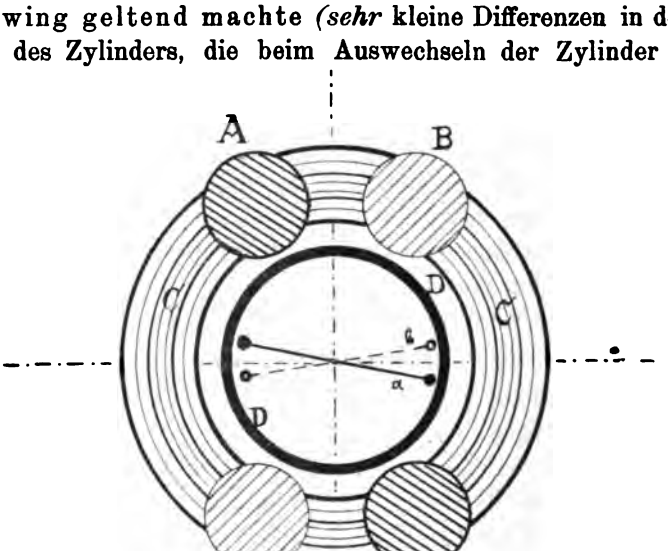



Fig. 2. *A* anziehende Kugeln in erster Stellung; *B* anziehende Kugeln in zweiter Stellung; *C* Rollbahn; *a* und *b* die zu *A* u. *B* gehörenden Lagen des Wagebalkens; *D* Zylinder.

meidlich sind, ziehen sofort *beträchtliche Änderungen* des Ausschlages nach sich), waren dabei, wie sich weiter unten zeigen wird, so viele Fehlerquellen zu berücksichtigen — von denen die wichtigste die Inkonstanz des Nullpunktes, — dass die Resultate dadurch sehr verdunkelt werden mussten.

## III.

## Weitere Ausbildung der Methode durch vorliegende Arbeit.

Dies war der Stand der experimentellen Beobachtungen auf diesem Gebiete, als ich meine Arbeit im physikalischen Laboratorium der Universität Zürich begann — im Herbst des Jahres 1905; sie nahm 2 Jahre in Anspruch und wurde im Herbst 1907 ebendaselbst abgeschlossen.

Digitized by Google

Es galt also: erstens — *eine Drehwage zur Anwendung zu bringen, die sensibel genug war, die Gravitationskraft bis zu den kleinsten Bruchteilen hinunter genau zu messen;* zweitens — *sie von allen fremden Einflüssen der Aussenwelt, der Fadennachwirkung und dergl. absolut zu schützen,* so dass für den Ausschlag des Wagebalkens nur die zu messende Gravitation verantwortlich gemacht werden konnte; und drittens — *das Zwischenmedium in einer Form anzubringen, dass es sich sicher nur als Schirm für die zwischen den Kugeln vorhandene Gravitation, nicht aber auch selbst wieder als gravitierende Masse geltend machen konnte.*

Die Erfüllung einer jeden dieser Aufgaben weist schon beträchtliche Schwierigkeiten auf, so namentlich das Unabhängigmachen der Wage von allen äusseren Einflüssen; die Hauptschwierigkeit aber liegt darin, dass das Instrument allen drei Anforderungen zugleich genügen muss. Deswegen war häufig nicht viel auszurichten mit theoretischen Überlegungen, denn die Anzahl der — sich oft widersprechenden — Komponenten, die berücksichtigt werden mussten, war eine sehr grosse: dem Versuch musste dann entnommen werden, in was man etwa an einer Stelle nachgeben musste, um an einer anderen etwas zu gewinnen, bis sich diejenigen Durchschnittsbedingungen ergaben, die für das Experiment am geeignetsten waren.

Ich will zunächst die allgemeinen Bedingungen, unter denen gearbeitet wurde, in groben Zügen angeben. Auf einer steinernen Konsole, die in die Ecke eines geräumigen Arbeitszimmers im Kellergeschoss des physikalischen Laboratoriums eingemauert war, wurde das Instrument — in der Hauptsache eine Coulombsche Drehwage mit einem am Gehänge angebrachten Spiegel — aufgestellt. Ihm gegenüber, in einer Entfernung von etwas über 2 m, stand auf einem soliden Holzbock das Ablesungsfernrohr mit einer damit fest verbundenen wagerechten, in mm eingeteilten Skala. Das für die ersten orientierenden Versuche verwendete Instrument unterschied sich nicht wesentlich von dem oben beschriebenen Laagerschen, nur dass auch hier schon das Zwischenmedium nach Vorschlag von Prof. Kleiner anstatt eines Zylinders aus zwei Hohlkugeln bestand, deren Wandung die Schirmwirkung hervorrufen sollte, so dass der Querschnitt in der Höhe des Wagebalkens nunmehr aussah, wie Fig. 3 auf folgender Seite zeigt.

## Erste Aufgabe.

Wenn wir uns zur ersten Aufgabe wenden: *eine möglichst sensible Wage zu konstruieren,* die uns erlauben würde, bei einer

Digitized by Google

Balkenlänge von 5,5 cm die zwischen den Kugeln wirkende Kraft von ca. $50.10^{-8}$ Dyn bis auf 0,001 genau zu messen, so wird durch diese Form des Apparates die Handhabung desselben um ein Wesentliches erschwert. Denn bei der minimalen Drehkraft, die der Aufhängefaden besitzen muss, damit der Feinheit der Wage kein Abbruch geschehe, wird es sehr schwierig, dem Wagebalken die oben aufgezeichnete Gleichgewichtstellung zu geben: wenn die Hohlkugeln noch nicht angelegt sind, wird der aus den beiden Öffnungen herausragende Wagebalken gleich Flaumteilchen von den leisesten Luftströmungen um den Nullpunkt hin und her getrieben; berührt er aber einmal den Rand der Öffnung, so bleibt er an demselben mit einer relativ grossen Zähigkeit haften. Die Stellung des oben angebrachten Torsionskreises, die einer Gleichgewichtslage des Balkens genau in der Mitte der Öffnung entspricht, muss also bei angelegten Hohlkugeln aufgesucht werden. Hier aber erwächst die Schwierigkeit, den Wagebalken ganz sachte in die Mittellage zu bringen, denn der geringste Stoss treibt ihn sofort bis zum entgegengesetzten Rande der Öffnung, an dem er sich wieder festklebt. Dieses Kleben konnte durch möglichst grosse Reinlichkeit und möglichst kleine Oberfläche der sich berührenden Stellen etwas verringert werden; immer aber blieb die Kraft, mit der sich der Öffnungsrand und der anliegende Balken festhielten, grösser als die Drehkraft des auf die Mittellage eingestellten Fadens. Leider konnte auch der sonst so einfache Weg nicht eingeschlagen werden, dass man den Balken auf den Haken des Gehänges erst nach dem Feststellen der Mittellage auflegen würde, da die beim Auflegen desselben auftretende Mehrbelastung stets eine Verschiebung der Gleichgewichtslage zur Folge hatte. Die Einstellung des N.-P. mit Gewichten von einer geeigneteren Form war auch mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden und so dauerte

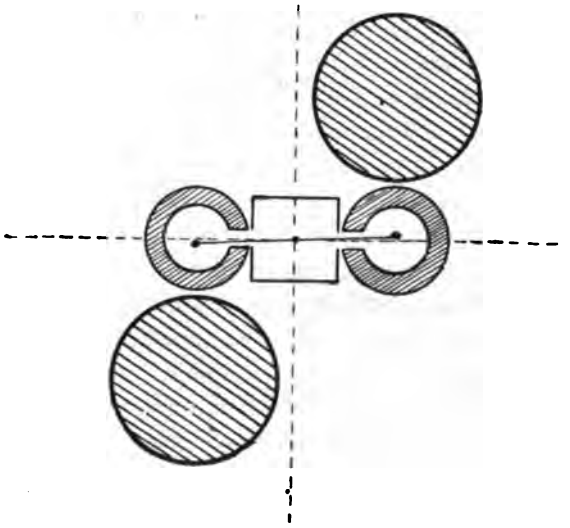


Fig. 3. Ansicht von oben.

Digitized by Google

das Auffinden der Mittellage des Wagebalkens beim Aufhängen eines neuen Fadens oft Stunden und Tage lang. Es wurde dabei so verfahren, dass dem an dem einen Rande der Öffnung klebenden Balken durch einen Stoss an das Instrument eine Bewegung gegen das andere Ende hin erteilt wurde; der Stoss musste stark genug sein, um das Ablösen des Balkens vom Öffnungsrand zu bewerkstelligen, zugleich aber musste die darauffolgende Bewegung des Balkens so langsam sein, dass die Drehkraft des Fadens die lebendige Kraft des Balkens und der kleinen Kugeln überwinden konnte, bevor der andre Rand der Öffnung erreicht wurde. Selbst wenn der Torsionskreis einer Mittellage des Balkens schon entsprach, war das Einbringen des Balkens in die Mittellage eine oft langwierige Aufgabe; unvergleichlich schwieriger aber war das Herauslesen aus der mehr oder minder schnellen Verschiebung des Balkens, die auf den Stoss folgte, die richtige Lage des Torsionskreises, — denn das Feststehen in der einen oder der anderen Extremstellung gab ja nicht die geringste Andeutung dafür. Weder an eine mechanische noch an eine elektrische Arretiervorrichtung durfte dabei gedacht werden, da — abgesehen von dem nachher vorzunehmenden Auspumpen des Apparates — jede mechanische Arretierung zu brüsk wäre, und die Elektrizität viel zu viel neue Faktoren mit sich bringen würde, die die Feinheit der Messungen ganz verunmöglichen würden. — Unter anderem zeigte sich bei diesen feinen Einstellungen, wie ein relativ grosses Potential in jedem Glasstück stets verborgen ist: als nämlich einmal versucht wurde, anstatt der Metallhohlkugeln Glashülsen anzubringen, war die elektrische Anziehung des Glases so gross, dass die Gravitationskraft dagegen vollkommen verschwand, d. h. die Versuche wurden unter diesen Bedingungen gänzlich unmöglich.

Das *Gehänge* musste natürlich möglichst *leicht und stark gemacht* werden. Nachdem verschiedene Materialien ausprobiert waren, blieb ich bei feinem Aluminiumdraht stehen; Fig. 4 stellt das bei der Arbeit verwendete Gehänge in ca. $^2/_3$ natürlicher Grösse dar. Der Spiegel hatte einen Durchmesser von bloss ca. 3 mm, was die Notwendigkeit einer ziemlich starken Beleuchtung der Skala beim Ablesen zur Folge hatte. Das gesamte Gehänge musste sehr präzis gearbeitet sein; namentlich betrifft dies den unteren Haken, an dem der Querbalken aufgehängt wurde, da einerseits Balken und Spiegel genau parallel zu einander stehen mussten, anderseits der Balken und der vertikale Draht genau einen rechten Winkel einschliessen mussten. Das Anbringen des Balkens geschah, wenn Faden und Gehänge sich schon im Innern des senkrechten Messingrohres befanden, durch die beiden Öffnungen hindurch (siehe Fig. 6), wobei man einen

Digitized by Google

unwillkürlichen Ruck oder ein Klebenbleiben an den Fingern mit der grössten Sorgfalt vermeiden musste, da die Tragfähigkeit des Fadens das Gewicht des Balkens nicht viel überstieg.

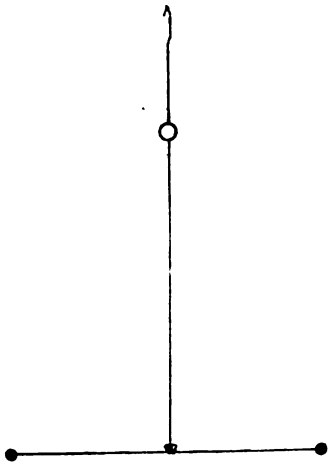


Fig. 4.
Im Masstab von ca. 2 : 3.
Gewicht beider Al-Kügelchen: 0,18 gr.

Zur genauen Messung war natürlich ein *möglichst grosser Ausschlag des Balkens erwünscht.* Die Grösse des Ausschlages ist abhängig von der Grösse der wirkenden Kraft, der Länge des Balkens und der Drehkraft des Fadens. Eine Grenze war ihr gesetzt durch das Gewicht der bewegten Kügelchen — d. h. die Tragfähigkeit des Fadens — einerseits und die Länge des Balkens andrerseits, da bei einem zu grossen Durchmesser der *anziehenden* Kugeln jede von ihnen auf beide beweglichen Kugeln einwirken würde. Sie waren aus Blei und wogen einzeln ca. 2,8 kg. Die Länge des Balkens war wiederum namentlich dadurch bestimmt, dass mit seiner Verlängerung der Einfluss der Temperatur, der Luftströme etc. zunehmen musste.

Einen nicht minder wichtigen Teil der Wage bildete der Faden. Auch an ihn musste die gleiche Forderung gestellt werden: er soll einen möglichst grossen Ausschlag zulassen. Dabei muss er aber immer noch eine gewisse Tragkraft besitzen, um im Stande zu sein, das Gehänge mit den relativ schweren Kügelchen zu tragen, von deren Masse ja auch die Grösse des Ausschlages abhängt. Ausserdem waren zu dünne Fäden mit grossem Ausschlag unbrauchbar für Schwingungsbeobachtungen, da ihre Drehkraft so klein war, dass eine periodische Schwingung bei vorhandener Reibung überhaupt nicht mehr zu erzielen war. — Als weitere höchst wichtige Forderungen waren an den Faden zu stellen: *eine möglichst grosse Konstanz seiner Beschaffenheit in der Zeit, bei verschiedener Temperatur, verschiedener Lichtbestrahlung und dgl., endlich eine völlige Freiheit von jeglicher Nachwirkung bei Verdrehung.* — Ich habe eine grosse Anzahl von Fäden durchprobiert, bis es mir gelang, einen zu finden, mit dessen Eigenschaften man zufrieden sein konnte. Zu Anfang experimentierte ich mit Quarzfäden, es erwies sich aber der 7 $\mu$ dicke Wollastonfaden als geeigneter. Was Nachwirkung anbetrifft, so wäre auch der Quarzfaden annehmbar, aber der Wolla-

Digitized by Google

stonfaden besitzt eine kleinere Drehkraft bei gleicher Tragfähigkeit; dabei lässt er sich durch Anlöten am Haken sehr schön drehfest anmachen. — In neuerer Zeit ist manchmal behauptet worden, dass ein konstanter Nullpunkt bei einem Wollastonfaden nur nach einem Ausglühen desselben erzielt werden könne. Ich verwendete einen nichtausgeglühten Faden und erreichte, wie sich weiter zeigen wird, eine sehr grosse Konstanz des Nullpunktes. Unter geeigneten Vorsichtsmassregeln lässt sich ein solcher Wollastonfaden aus seiner Silberhülle in einer fast beliebigen Länge lösen. Der bei den Schlussversuchen verwendete Wollastonfaden mass 47,5 cm. Die Verschiebung des Balkens beim Umlegen der äusseren Kugel bewirkte eine Differenz von ca. 120 Skalenteilen im Fernrohr (1 Skalenteil = 1 mm). Das Anlöten der Wollastonfäden an die kleinen Häkchen zum Aufhängen lässt sich ausgezeichnet durchführen; ja selbst das Zusammenlöten zweier Wollastonfäden zu einem längeren kann gelingen, wenn auch mit Überwindung grösserer Schwierigkeiten.

Beim Experimentieren mit den Quarzfäden stellte sich nebenbei die sehr interessante Eigenschaft derselben heraus, sich bei Überlastung um ein gutes Stück (ganz ungefähr: um 4 cm bei einer Länge von 30 cm) ausziehen zu lassen, bevor das Reissen eintrat.

### Zweite Aufgabe.

Die zweite, weitaus schwierigste Aufgabe besteht in der *Elimination aller ungewollten Einflüsse der Aussenwelt auf unser bewegliches System,* damit wir sicher sein können, *dass jede Veränderung in demselben den willkürlich veränderten Umständen, d. h. der Verschiebung der anziehenden Massen und der Schirmwirkung des Zwischenmediums zuzuschreiben ist.* Mit anderen Worten, wir wollen einen *konstanten Nullpunkt* herstellen. — Schon die ersten orientierenden Versuche zeigten die Schwierigkeit dieser Aufgabe; der N-P schwankte ganz unregelmässig hin und her, manchmal traten Stösse auf, die von der Grössenordnung der Gravitationsverschiebung waren, und doch war es meine Aufgabe, diese Verschiebung durch Gravitation bis auf $^1/_{1000}$ genau zu messen. Selbst wenn der Faden anstatt des Wagebalkens mit einem kleinen Gewicht beschwert wurde, das keinen Angriffspunkt für eine drehende Kraft bot, traten diese Störungen auf. Sobald man etwas dickere Fäden verwendete, wurden die Störungen allerdings sofort sehr viel kleiner, aber diese Fäden waren dann eben auch für die Messung der Gravitation viel zu steif.

Ich versuchte nun schrittweise die möglichen Ursachen dieser Ausschläge aufzufinden und auszuschalten. Eine plötzliche und

Digitized by Google

grosse Änderung trat ein durch das *Überdecken des Instrumentes mit einer grossen Kiste*, das ich vornahm, um das Instrument von äusseren Einflüssen möglichst zu isolieren. Die grössten Störungen verschwanden; dabei bewirkte das Öffnen und Schliessen der Kiste, ohne dass ein Luftzug an den Balken gelangen konnte, einen sehr grossen Ausschlag. Nun wurde mit Thermoelementen die *Temperatur* im Innern der Kiste ganz nahe am Instrument gemessen, und es stellte sich eine weitere Abhängigkeitsbeziehung von der Temperatur heraus. Die Abhängigkeit tritt natürlich nicht in ganz reiner Form hervor, da ausser der Temperatur noch andere störende Ursachen tätig sind, aber in der untenstehenden Temperatur- und Verschiebungskurve sieht man diesen Zusammenhang doch ziemlich deutlich hervortreten.

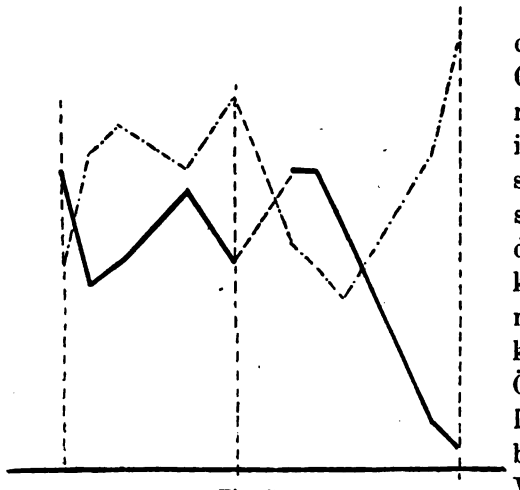


Fig. 5.
——— Verschiebungen des Nullpunktes;
-·-·-·-·- Temperaturkurve.

Der Zusammenhang wird deutlicher, wenn nicht ein Gewicht, sondern der Balken mit den Kügelchen aufgelegt ist, — ein Zeichen, dass Luftströmungen mit im Spiele sind. Diese Vermutung wurde durch spätere Versuche vollkommen bestätigt. Sobald nämlich oben am Torsionskreis auch nur die geringste Öffnung, die der Luft einen Durchgang gestattete, übrig blieb, begann eine deutliche Verschiebung des Nullpunktes, die Hunderte von Skalenteilen betragen konnte; bei völligem Abschluss des Instrumentes stellte sich sofort eine viel grössere Konstanz des Nullpunktes ein.

Der Gedanke, diese Luftströmungen durch Evacuieren des Apparates wegzubringen, lag also nahe; doch wurde er wegen der vielen Schwierigkeiten, die die Evacuation mit sich bringen musste, nicht sofort zur Ausführung gebracht.

Darauf versuchte ich, die andern Ursachen der Inkonstanz aufzufinden; der Einfluss eines magnetischen Feldes erwies sich als nicht vorhanden; elektrische Störungen waren ebenfalls nicht zu konstatieren; desgleichen änderte sich nichts beim Einbringen eines Radiumpräparates in die Kiste. Auch zwischen den Feuchtigkeits-

Digitized by Google

änderungen und den Ausschlägen schien gar keine Gesetzmässigkeit zu herrschen. Merkwürdigerweise hatte ich sehr wenig zu leiden unter den mechanischen Erschütterungen, über die in den älteren Arbeiten stark geklagt wird; — allerdings lag mein Zimmer an einer Strasse, die fast nie befahren wurde, aber selbst wenn ein Wagen vorbeifuhr oder im Auditorium über mir die Vorlesung zu Ende war, konnte ich keine wesentliche Änderung im Verhalten des Nullpunktes bemerken. Desgleichen beim Durchfahren eines Eisenbahnzuges durch einen tief unter dem Laboratorium gelegenen Tunnel. Es war aber auch damals schon eine andere Abhängigkeit angedeutet, nämlich *die Abhängigkeit der Lage des Nullpunktes von der Lichtmenge, die auf das Instrument fiel;* das Beleuchten mit einem Sonnenstrahl oder dem Auerbrenner, sowie auch das Öffnen und Schliessen der Kiste schien einen selbständigen, von der Temperatur unabhängigen Einfluss auf den Nullpunkt auszuüben.

Damit hatte ich also einige Anhaltspunkte, um weitere Abänderungen am Instrument zu treffen. Die Temperaturänderungen mussten vor allem unschädlich gemacht werden; dies war aber nicht leicht, da ganz kleine Temperaturdifferenzen schon beträchtliche Schwankungen nach sich zogen. Das Anziehen einer wattierten Schutzdecke über die Kiste, in der sich das Instrument befand, genügte keineswegs, und es schien, dass man auf dem Wege der Regulierung der äusseren Temperatur nicht viel weiter kommen könnte. Dazu kam noch der Umstand, dass es mir nicht gelingen wollte, periodische Schwingungen beim Umlegen der Bleikugeln zu erhalten; die Reibung zwischen Luft, Wagebalken und Kugeln war eine so grosse, dass ein schleichendes Herannahen an die Gleichgewichtslage stattfand und diese letztere viel zu wenig sicher markiert wurde. Trotzdem ich Kügelchen von möglichst grossem spezifischen Gewicht verwendete, [1]) und den Balken aus möglichst dünnem Draht herstellte und beides mit Graphit polierte, — nichts wollte nützen.

Da entschloss ich mich doch zu dem oben angedeuteten Mittel zu greifen und zu versuchen, *durch das Evacuieren des Apparates beide Misstände zu beseitigen.* Die von Crémieu beobachtete Abhängigkeit zwischen Nullpunkt und Athmosphärendruck konnte mich in diesem Entschluss natürlich nur noch bestärken. Durch die mechanische Werkstatt des hiesigen Laboratoriums wurde nun ein Instrument hergestellt, das dicht genug gemacht werden konnte, um mit Wasserstoff angefüllt oder ganz ausgepumpt zu werden. Es besteht aus einem dickwandigen, ca. 55 cm langen Messingrohr, das

[1]) Ich verwendete zuerst Aluminium dann Silber, da sich Platin als weniger unabhängig von elektr. Einflüssen zeigte (siehe Laagersche Dissertation).

Digitized by Google

oben mit einem Torsionskreis und einer Kappe, die das obere Ende möglichst luftdicht abschliesst, versehen ist. (Siehe Abbildung 6.) Am unteren Ende des Rohres ist ein Hahn angebracht; einige Zentimeter über demselben befinden sich die beiden Öffnungen für die herausragenden Enden des Balkens. An die Öffnungen sind kurze Rohr-

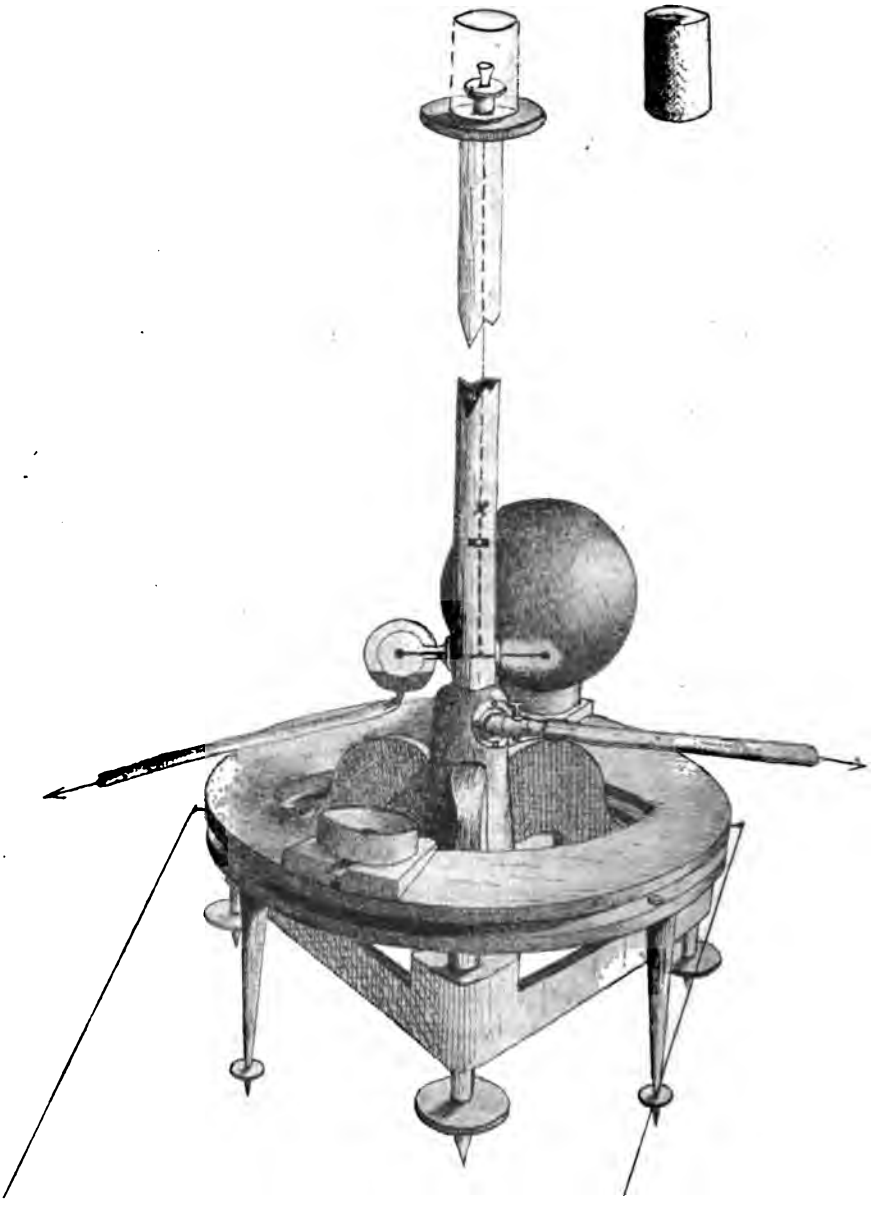


Fig. 6.

Digitized by Google

stutzen angelötet, in die entsprechende Rohrstutzen — angebracht an der Öffnung der Hohlkugeln — fest hineingeschraubt werden können. Etwas weiter oben befindet sich das schmale Ablesungsfenster. Das Instrument ist auf einem soliden dreifüssigen Gestell aufgestellt. Die Rollbahn für das Umlegen der Bleikugeln blieb unverändert.

Der Luftdruck im Innern des Apparates brauchte nicht ausserordentlich gering zu sein (ca .0,5 mm bis zu einigen mm), aber *eine vollkommene Konstanz desselben war absolut erforderlich,* und das war es, was sehr grosse Schwierigkeiten bereitete. Acht Dichtungsstellen mussten völlig luftdicht gemacht werden. *Als dies aber gelang, war das bewegliche System mit einem Schlag wie isoliert von den Einflüssen der Aussenwelt;* Verschiebungen des Nullpunktes, die früher doch immerhin einige mm pro Stunde betrugen, sanken auf wenige Bruchteile eines mm hinunter. Zugleich ist auch die Periodizität der Schwingungen vollkommen erreicht werden.

Unter diesen unvergleichlich günstigeren Umständen sind nun nochmals alle Beobachtungen *über Abhängigkeit von Temperatur, Radium usw.* durchgeführt worden. Die früher als indifferent vermuteten Veränderungen der Umgebung wie das Auftreten des magnetischen Feldes, elektrischer Ströme, das Einbringen von Radium, kleinere mechanische Erschütterungen u. dergl., sowie auch Wetterwechsel erwiesen sich ohne Einfluss auf die noch übrig gebliebenen Zehntelsmillimeter-Schwankungen. — Um den Temperatureinfluss nachzuweisen, brauchte man jetzt viel grössere plötzliche Temperaturschwankungen als früher; so versuchte ich z. B. grössere Schwingungen hervorzurufen durch Aufstellen einer Flasche mit heissem Wasser oder eines Bunsenbrenners in unmittelbarer Nähe des Apparates. Es schien sich dabei eine gewisse Abhängigkeit herauszustellen, wenn auch etwas undeutlich, da auch hier die Verschiebungen sich bloss in Bruchteilen eines mm bewegten. — Ebenso blieb noch ein gewisser Zusammenhang *zwischen der Lage des Nullpunktes und dem Anzünden des Auerstrumpfes, der am Fernrohr* aufgestellt war. Dabei trat die Verschiebung fast unmittelbar nach dem Anzünden der Lampe auf, so dass man nicht an eine Wärmeleitung vom Auerbrenner bis zum Apparat in so kurzer Zeit denken konnte. Auch Sonnenstrahlen, die ins Zimmer fielen, vergrösserten die Inkonstanz des Nullpunktes. Endlich hatte das Öffnen und Schliessen der Kiste eine verhältnismässig sehr grosse Verschiebung zur Folge (sie betrug einige mm). — Während der Einfluss der Temperatur auf den Nullpunkt nichts merkwürdiges an sich hat, ist dieser Zusammenhang zwischen Beleuchtung und Nullpunktsverschiebung von ganz rätselhafter Natur, und seine genauere Erforschung, die kaum grosse

Digitized by Google

Schwierigkeiten bieten würde, könnte eine äusserst interessante Spezialuntersuchung abgeben. Vor allem müsste dabei natürlich festgestellt werden, ob sich dieser Einfluss auf den Balken und das Gehänge überhaupt oder unmittelbar auf den Faden geltend macht. — Nun waren aber auch Störungen, die durch fremde Massen verursacht wurden, leicht zu bemerken: das Herannahen des Beobachters an das Instrument führte stets einen kleinen Ausschlag nach der entsprechenden Seite herbei; ebenso das Verrücken von schwereren Gegenständen in der Nähe des Apparates. Diese letztere Störung war aber natürlich leicht zu vermeiden, und es blieben als die wichtigsten störenden Einflüsse: Temperatur- und Beleuchtungsänderungen zurück. Ich suchte sie zu beseitigen durch möglichst gute Isolation des Instrumentes und auch dadurch, dass ich die eigentlichen Versuche immer in der Nacht ausführte.

Eine wesentliche Verbesserung der Isolation gegen die äusseren Temperaturschwankungen brachte das Bestreichen des ganzen Instrumentes mit einer dicken Schicht Schmierseife mit sich. *Die Konstanz des Nullpunktes* steigerte sich und wurde merkwürdig unabhängig von dem Darüberstülpen der Kiste; die Versuche konnten von nun an ohne dieselbe unternommen werden, was natürlich eine Erleichterung im Handhaben des Instrumentes zur Folge hatte. Es traten zuweilen noch kleinere Verschiebungen des Nullpunktes um 0,1—0,15 Skalenteile in verschieden grossen Zeitintervallen auf; nur bei Sonnenlicht und namentlich bei raschem Verschwinden der Sonne hinter Gewitterwolken u. dergl. überstiegen sie bisweilen ziemlich bedeutend diese Grenze; *gewöhnlich aber war der Nullpunkt konstant genug* (siehe Tabelle und Versuche), *damit die Versuche vorgenommen werden konnten.* Einige Proben einer schönen Konstanz mögen hier angeführt werden:

| 1907 13. Februar (vormittags): | | 26. Juni (vormittags): | | 26. Juni (abends): | | 6. Juli (abends): | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 665,2 | $9^h\,40$ | 666,15 | $8^h\,15$ | $665{,}2_3$ | $8^h\,57$ | 719,8 | $8^h\,09$ |
| ,15 | $11\;10$ | ,2 | $9\;07$ | ,2 | $9\;04$ | ,8 | $15$ |
| ,2 | $30$ | ,2 | $10\;09$ | ,2 | $11$ | ,8 | $25$ |
| ,2 | $45$ | ,2 | $45$ | $,1_7$ | $16$ | ,8 | $35$ |
| ,2 | $12\;35$ | ,2 | $11\;55$ | $,1_7$ | $21$ | ,8 | $10\;45$ |
| | | ,2 | $12\;00$ | $,1_7$ | $27$ | | |
| | | ,2 | $07$ | | | | |
| | | ,2 | $13$ | | | | |
| | | ,2 | $19$ | | | | |

Vor jedem Versuch musste die Konstanz geprüft und der Versuch eventuell auf die folgende Nacht verschoben werden.

Digitized by Google

Da ganz kleine Unregelmässigkeiten manchmal plötzlich entstanden, war man auch während des Versuches vor ihrem Auftreten nie vollkommen gesichert; — die Resultate liessen aber solche Störungen stets leicht erkennen. Übrigens konnten sie jeweilen nur für einen einzelnen Versuch von Bedeutung sein (und auch da in vollem Umfang nur dann, wenn die Störung während des Umlegens der Bleikugeln auftrat). Da aber jedes Experiment aus einer Reihe von Einzelversuchen bestand, wurde ihr möglicher Einfluss völlig unschädlich gemacht (siehe Versuche). — Wie langsam eine allmähliche Nullpunktsverschiebung in der Zeit vor sich ging, zeigte sich während drei Wochen, an denen nicht gearbeitet wurde: am 26. Juli stand der Nullpunkt auf 616, am 15. August ist er auf 611 hinuntergegangen (1 Skalenteil = 1 mm).

Die unter diesen Bedingungen angestellten Versuche fielen aber doch noch wesentlich ungenau aus[1]), da die III. Aufgabe noch nicht erfüllt war und sowohl das Zwischenmedium selbst als die Operation des Auswechselns desselben immer noch modifizierend auf die Gleichgewichtslage einwirkten und so die Resultate beim Vergleichen verschiedener Versuche noch nicht ganz einwandfrei sein konnten.

Einer merkwürdigen Erscheinung sei hier Erwähnung getan, deren Entstehung bis jetzt noch gänzlich unaufgeklärt geblieben ist: viermal sind während der Arbeit ganz auffällige unregelmässige Schwingungen des Wagebalkens ohne jede angebbare Ursache aufgetreten; und zwar am 6. und 19. Februar, am 30. April und am 22. Juni 1907. Die beiden zuletzt genannten Erscheinungen waren von kurzer Dauer (ca. $24^h$) und weniger stark ausgeprägt; die ersten dauerten mehrere Tage lang und wiesen Verschiebungen des Nullpunktes auf, die Hunderte von Skalenteilen betrugen. Die nächstliegende Annahme zur Erklärung dieses Phänomenes, die ich aber nicht eigentlich als Behauptung aufstellen möchte, sind Umlagerungen im Faden selbst, die solche Schwankungen hervorrufen könnten.

## Dritte Aufgabe.

Wir wenden uns nun der dritten Aufgabe zu, mit deren Lösung erst sich uns der Weg zu den eigentlichen Versuchen eröffnen kann.

*Prof. Kleiner,* von dem die Anregung zur Arbeit ausging und dem ich für seine Ratschläge während der ganzen Ausführung derselben hier meinen Dank aussprechen möchte, führte das Zwischen-

[1]) Es waren bei gleichseinsollenden Versuchsbedingungen Differenzen bis auf 0,2—0,3 Skalenteile vorhanden, bei einer Differenz von 120 Skalenteilen zwischen den beiden Extremlagen. Dies konnte noch nicht genügen, da die Messungen mindestens bis zu einer Genauigkeit von 1 : 1000 getrieben werden sollten.

Digitized by Google

medium schon zu Beginn der Arbeit in Form von Hohlkugeln ein. Diese konnten gegen andere Hohlkugeln von verschiedener Beschaffenheit und Wandstärke ausgewechselt werden. — Sobald aber die Feinheit der Untersuchungen deutlich genug hervortrat, wurde es klar, dass ein solcher Wechsel des Zwischenmediums, der mit Anfüllen des Instrumentes mit Luft und unvermeidlichen Stössen am Instrument und Wagebalken verbunden war, Fehler hereinbringen würde, die 1 pro 1000 des Gesamtausschlages um vieles übersteigen konnten. Der Balken durfte nicht über den gewöhnlichen Ausschlag hinaus bewegt werden und die Luft durfte nicht ein- und wieder ausgepumpt werden — das stand fest. Da blieb denn nichts anderes übrig, als *das Instrument ein für allemal auszupumpen und das Zwischenmedium nachher von aussen anzubringen.* Das gelang in der Weise, dass kleinere Hohlkugeln aus ca. 1,5 mm dickem Aluminiumblech an das Instrument definitiv angeschraubt wurden und das Zwischenmedium in Form von zwei Hohlkugelhälften über dieselben angezogen wurde, so dass der Querschnitt des Instrumentes in der Höhe des Wagebalkens zu dieser Zeit folgendermassen aussah:

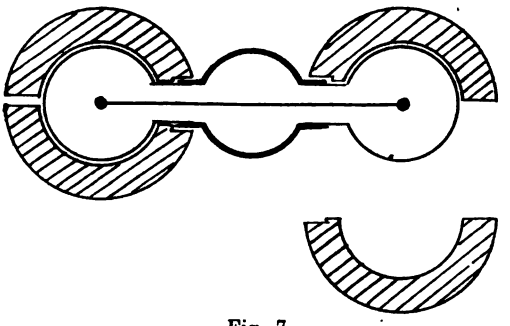


Fig. 7.

Die Verbesserung der Versuchsbedingungen ist einleuchtend. Allerdings kam dadurch die Wandung der Aluminiumhohlkugel als invariables Zwischenmedium hinein; das machte aber keinen prinzipiellen Unterschied aus, da ich Versuche ohne jedes Zwischenmedium so wie so nicht ausführen konnte, und es also nur auf den Vergleich von verschieden dicken und verschieden beschaffenen Zwischenmedien ankommen konnte, — da war denn der Einfluss einer so dünnen Aluminiumschicht kaum von Bedeutung, dem 6,3 mm dicken auswechselbaren Zwischenmedium aus schwerem Metall gegenüber.

Unter diesen Bedingungen sind die ersten Versuche ausgeführt worden. Wie schon oben erwähnt, zeigte sich's aber, dass auch diese Einrichtung noch keine eindeutig bestimmten Resultate garantieren konnte: die Abweichungen derselben von einander überstiegen, wenn auch nunmehr nur sehr wenig, die gesuchte Fehlergrenze. Beim An- und Ausziehen der Kugelschalen ergaben sich eben doch noch immer mechanische Stösse und Störungen des Nullpunktes;

Digitized by Google

ferner war es sehr schwierig, so genau gedrehte Kugelschalen herzustellen, dass kleine Abweichungen in der Zentrierung den beweglichen Kügelchen gegenüber, die beim An- und Ausziehen der Kugelschalen unvermeidlich sind, keine Störungen des Nullpunktes mit sich bringen würden. Diese letztere Fehlerquelle zeigte sich sofort in der Verschiebung des Mittelpunktes zwischen den beiden Extremlagen und in mangelhafter Übereinstimmung zwischen den Resultaten, die mit gleichem Zwischenmedium erhalten wurden. Das allgemeine Ergebnis dieser Untersuchungen war, dass, — die Tatsache der Beeinflussung der Gravitationskraft durch das Zwischenmedium vorausgesetzt, — diese Beeinflussung sich durch eine Änderung von höchstens $^3/_{1000}$ des Gesamtausschlages dokumentierte. Dabei war die Dicke des auswechselbaren Zwischenmediums 0,63 cm; der Unterschied der den beiden Stellungen der Bleikugeln entsprechenden Lagen des Wagebalkens im Fernrohr betrug ca. 125 Skalenteile.

Eine weitere Änderung von entscheidender Bedeutung bestand im Anbringen einer zweiten, sehr dünnwandigen Kugelschale von grösserem Durchmesser um die Aluminiumhohlkugel herum, so dass zwischen den Wandungen der beiden ein ringsherumgehender Hohlraum entstand, und der Querschnitt nunmehr folgendermassen aussah:

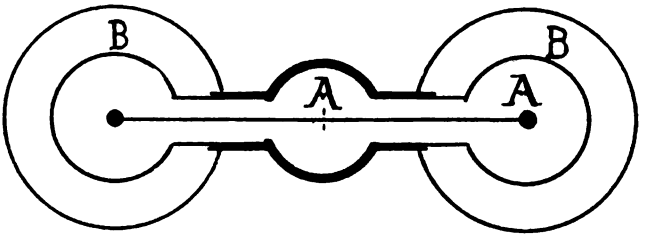



Fig. 8. In natürlicher Grösse.
*A* luftleerer Hohlraum; *B* Zwischenraum für die Flüssigkeiten.

Der Hohlraum *B* stand nun vermittelst eines Gummischlauches mit dem Arbeitstisch am Fernrohr in Verbindung und konnte von dort aus durch Heben und Senken eines Reservoirs gefüllt und wieder entleert werden, ohne dass der Beobachter seinen Platz zu verlassen brauchte. — Als Zwischenmedium musste also unter diesen Bedingungen irgend eine Flüssigkeit verwendet werden. Die Versuche sind mit *Quecksilber, Wasser* und *Paraffinöl* durchgeführt worden, da diese Substanzen sehr grosse Verschiedenheiten in Bezug auf spezifisches Gewicht, Dielektrizitätskonstante, Durchsichtigkeit usw. aufweisen, die alle eventuell von Einfluss auf die Gravitationskraft sein könnten. — Selbstredend musste auch hier die Zentrierung auf



Digitized by Google

das sorgfältigste durchgeführt sein, und so lange fortgesetzt werden, bis das Füllen und Leeren des Hohlraumes mit Quecksilber nicht die geringste Änderung des Nullpunktes bei Mittelstellung der äusseren Bleikugeln nach sich zog. Diese Aufgabe nahm sehr viel Zeit in Anspruch, konnte aber schliesslich als gelöst betrachtet werden. (Siehe Versuche.)

Bei der Ausführung der Versuche ist auch stets sehr sorgfältig darauf geachtet worden, dass beim Auslassen des Quecksilbers die Quecksilbersäule im Schlauch genau bis zur äusseren Hohlkugel reichte, und dass beim Wiederanfüllen der gesamte Hohlraum vom Quecksilber eingenommen wurde. — *Damit war nun die letzte Aufgabe auch praktisch gelöst; es konnte das Zwischenmedium an die Kugeln in einer solchen Form herangebracht werden, dass sein Einfluss als gravitierendes Medium gleich Null war, und es sich nur noch als Schirm für die zwischen den Kugeln wirkende Gravitationskraft geltend machen konnte.*

## IV.

## Ausführung der Versuche und Diskussion der gewonnenen Resultate.

Bevor wir uns nun zu den eigentlichen Versuchen wenden, muss noch eines Punktes Erwähnung getan werden, der sonst leicht zu Missverständnissen führen könnte, — ich meine *die Feinheit der Ablesungen im Fernrohr.* Das Ablesen mit der Genauigkeit von 0,1 mm auf einer in mm eingeteilten Skala gelingt natürlich schon nach kurzer Übung. Bald befriedigt aber das Markieren von 0,1 mm nicht mehr, man liest ab mit der Genauigkeit von 0,05 mm. — Aber noch mehr: bei Beobachtungen im Ruhepunkt, wie sie bei den letzten Versuchen vorgenommen wurden, schrieb ich bei aufeinanderfolgenden Ablesungen oft Differenzen von 2—3 Hundertstel auf, selbstverständlich ohne für die Richtigkeit dieser Zahlen bürgen zu können; ich brauchte sie ja übrigens bei meiner vermuteten Fehlergrenze gar nicht zu berücksichtigen, aber die Ablesung befriedigte mich mehr, wann ich die Fünfzigstel eines mm noch mitnahm, und die Resultate der letzten Versuche (namentlich mit Wasser und Paraffin) scheinen darauf hinzuweisen, dass diese subjektive Befriedigung einer gewissen objektiven Grundlage nicht entbehrte. — Bei diesen feinen Ablesungen konnte natürlich das gewöhnliche Fadenkreuz nicht mehr verwendet werden, — ein äusserst dünner vertikaler Spinnfaden ersetzte es.

Da die Konstanz des Nullpunktes, wie schon oben erwähnt wurde, von den Beleuchtungsverhältnissen abhängig war, und sich kleine

Digitized by Google

Störungen in der Nacht viel seltener einstellten als am Tage, *wurden alle Versuche bei Nacht durchgeführt.* Die Auerlampe brannte dabei entweder während des ganzen Versuches, oder sie wurde nur im Momente des Ablesens angezündet, um dann sofort wieder ausgelöscht zu werden.

Im Anfang wurden die extremen Ruhelagen des Wagebalkens, die den beiden Stellungen der Bleikugeln entsprachen, aus *Schwingungsbeobachtungen* bestimmt, indem die Formel für gedämpfte Schwingungen in der Form verwendet wurde, die ihr von Laager gegeben war: Gleichgewichtspunkt $Y = x_2 + \frac{(x_1 - x_2)\cdot(x_3 - x_2)}{(x_1 - x_2) + (x_3 - x_2)}$, wenn $x_1$, $x_2$ und $x_3$ die aufeinanderfolgenden Ablesungen an Umkehrpunkten darstellen, und $x_1$ den höheren Skalenwerten zu liegt $(x_1 \gtrless x_3 \gtrless x_2)$;

oder $$Y = x_2 - \frac{(x_2 - x_1)\cdot(x_2 - x_3)}{(x_2 - x_1) + (x_2 - x_3)},$$

wenn $x_2 \gtrless x_3 \gtrless x_1$. Dabei ist der Nullpunkt der Skala an dem einen Ende derselben vorausgesetzt. Die Schwingungsdauer betrug ca. fünf Minuten; desgleichen die Zeit, die der Balken brauchte, um sich beim Umlegen der Bleikugeln aus der einen Extremlage in die andere zu bewegen. — Nachher sind die Schwingungsbeobachtungen *durch Ruhepunktsbeobachtungen ersetzt worden,* da sich der Ruhepunkt als von ausserordentlicher Sensibilität erwiesen hat, und eventuelle Störungen bei dieser Art der Beobachtung während des Versuches direkt wahrgenommen wurden. Die Resultate dieser Versuche zeigten denn auch durch ihre grosse Übereinstimmung, dass diese Methode eine überlegenere war. Doch habe ich auch Schwingungsversuche mit annehmbaren Resultaten durchgeführt. — Ganz allgemein soll betont werden, dass, je genauer die Versuche im Laufe der ganzen Arbeit sich gestalteten, desto kleiner auch die Änderung wurde, die das Zwischenmedium herbeiführte.

Ich will nun *alle* Versuche, die unter annehmbar günstigen Verhältnissen durchgeführt wurden, ohne eine weitere Auswahl mitteilen. — Die römischen Zahlen sollen die Aufeinanderfolge der Versuche in der Zeit bedeuten.

Es weichen die Resultate der Versuche I, II, III und IV von allen übrigen ziemlich stark ab. Eine mögliche Erklärung hiefür würde darin zu finden sein, dass nach Versuch IV zum letztenmal eine Zentrierung der äusseren Kugelschalen vorgenommen wurde und dass in der Folgezeit stets unter denselben, wie es scheint, sehr günstigen Versuchsbedingungen gearbeitet wurde.

Digitized by Google

1. Juli, 1907. **Versuch I.**

Quecksilber als Zwischenmedium.

(Schwingungsbeobachtungen.)

| | Mit Hg: | | Ohne Hg: | |
|---|---|---|---|---|
| I. Stellung der Blei-Kugeln: | 1.*)725,22 (ca. 1h Nachts) | 5. 725,32 (3h 10) | 2. 724,85 (1h 35) | 6. 724,85 (3h 33) |
| II. „ „ „ „ : | 4. 604,39 (2h 35) | 8. 603,91 (4h 20) | 3. 604,32 (2h 10) | 7. 604,38 (3h 55) |

Man sieht, die Zentrierung ist noch sehr mangelhaft; auch ist die Übereinstimmung der Werte bei Versuchen *mit Hg* noch sehr ungenau (namentlich Wert 4 u. 8!). Wenn wir vom Wert 8 absehen, der sich von den anderen stark unterscheidet, so haben wir im *Mittel* folgende Differenz zwischen Versuchen mit und ohne Hg:

| Mit Hg: | Ohne Hg: |
|---|---|
| 725,27 | 724,85 |
| 604,39 | 604,38 |
| 120,88 | 120,52 |

$+ 0{,}36$

10. Juli. **Versuch II.**

Hg als Zwischenmedium.

(Schwingungsbeobachtungen).

Versuch II leidet an den gleichen Misständen.

| 1. Ohne Hg: | 2. Mit Hg: | 3. Ohne Hg: |
|---|---|---|
| 678,30 | 677,48 | 677,07 |
| 550,49 | 549,71 | 549,98 |
| 127,81 | 127,77 | 127,09 |

$- 0{,}04$ $+ 0{,}68$

16. Juli. **Versuch III.**

Hg als Zwischenmedium.

(Ruhepunktsbeobachtungen.)

Schöner Nullpunkt.

| Ohne Hg: | | Mit Hg: |
|---|---|---|
| 10h 25: 677,28 1. | 677,26 | 677,25 8. 677,25 : 10h 42 |
| 10h 32: ,25 2. | | 677,25 4. ,25 : 11h 2 |
| 12h 13: 555,75 5. | 555,79 | 555,65 7. 555,65 : 12h 30 |
| 19: ,80 6. | | 555,68 8. ,70 : 36 |
| 48: ,83 10. | | 555,68 9. ,70 : 41 |
| | 121,47 | 121,57 |

$+ 0{,}10$

*) Die kleinen Zahlen bedeuten die Aufeinanderfolge der Ablesungsresultate in der Zeit.

Digitized by Google

17. Juli. **Versuch IV.**

Wasser als Zwischenmedium.

(Ruhepunktsbeobachtungen.)

Nullpunkt nicht so schön konstant wie in Versuch III.

| Mit $H_2O$: | Ohne $H_2O$: |
|---|---|
| 677,1$_7$ | 677,2$_0$ |
| 555,4$_2$ | 555,6$_0$ |
| 121,7$_5$ | 121,6$_0$ |

+ 0,1$_5$

18. Juli. **Versuch V.**

Wasser als Zwischenmedium.

(Ruhepunktsbeobachtungen.)

Bessere Zentrierung!

| Mit $H_2O$: | Ohne $H_2O$: |
|---|---|
| 676,7$_6$ | 676,8$_0$ |
| 555,0$_6$ | 555,2$_0$ |
| 121,7$_0$ | 121,6$_0$ |

+ 0,1$_0$

21. Juli. **Versuch VI.**[1])

Hg als Zwischenmedium.

(Ruhepunktsbeobachtungen.)

Sehr schöne Zentrierung!

| Mit Hg: | | | Ohne Hg: | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 9$^h$32: 667,7$_5$ | 667,7$_5$ | 667,7$_9$ | 667,8$_0$ | 667,9$_0$ : 8$^h$50 | I. Stellung. |
| 38: ,7$_5$ | | | | ,7$_5$ : 9$^h$3 | |
| | | | | ,7$_5$ : 15 | |
| | | | 667,7$_8$ | 667,7$_5$ : 41 | |
| | | | | ,8 : 47 | |
| 11$^h$30: 546,7$_0$ | 546,7$_0$ | 546,7$_4$ | 546,7$_4$ | 546,7$_5$ : 11$^h$15 | II. Stellung. |
| 38: ,7$_0$ | | | | ,7$_0$ : 20 | |
| 39: ,6$_7$ | | | | ,7$_7$ : 26 | |
| 43: ,7$_5$ | | | | | |
| | | | 546,7$_8$ | 546,7$_3$ : 11$^h$54 | |
| | | | | ,7$_0$ : 12$^h$0 | |
| | | | | ,7$_6$ : 6 | |
| | | | | ,7$_3$ : 12 | |

| | |
|---|---|
| 667,7$_5$ | 667,7$_9$ |
| 546,7$_0$ | 546,7$_4$ |
| 121,0$_5$ | 121,0$_5$ |

0,0$_0$

[1]) Alle Versuche sind in dieser Art ausgeführt worden, — der Kürze halber werde ich aber im Folgenden bloss die Resultate mitteilen.

Digitized by Google

16. Aug. **Versuch VII.**

Hg als Zwischenmedium.
(Ruhepunktsbeobachtungen.)

| Mit Hg: | Ohne Hg: |
|---|---|
| 672,24 | 672,38 |
| 551,45 | 551,59 |
| 120,79 | 120,74 |

$+ 0{,}05$

17. Aug. **Versuch VIII.**

Hg als Zwischenmedium.
(Ruhepunktsbeobachtungen.)

| Mit Hg: | Ohne Hg: |
|---|---|
| 672,26 | 672,30 |
| 551,38 | 551,46 |
| 120,93 | 120,86 |

$+ 0{,}09$

18. August. **Versuch IX.**

Hg als Zwischenmedium.
(Ruhepunktsbeobachtungen.)

Mit Hg:

$2^h38 - 2^h50$: 672,01

$10^h - 10^h15$: 551,38

120,68

Ohne Hg:

672,28 { 672,24 : $2^h15 - 2^h35$
672,22 : $2^h55 - 3^h5$

551,58 { 551,51 : $9^h42 - 9^h53$
551,55 : $10^h23 - 10^h35$

120,70

$- 0{,}02$

19. Aug. **Versuch X.**

Hg als Zwischenmedium.
(Ruhepunktsbeobachtungen.)

| Mit Hg: | Ohne Hg: |
|---|---|
| 672,35 | 672,37 |
| 551,64 | 551,70 |
| 120,71 | 120,67 |

$+ 0{,}04$

20. Aug. **Versuch XI.**

Hg als Zwischenmedium.
(Schwingungsbeobachtungen.)

| Mit Hg: | Ohne Hg: |
|---|---|
| 672,09 | 671,99 |
| 551,82 | 551,77 |
| 120,27 | 120,22 |

$+ 0{,}05$

21. Aug. **Versuch XII.**

Wasser als Zwischenmedium.
(Ruhepunktsbeobachtungen.)

| Mit $H_2O$: | Ohne $H_2O$: |
|---|---|
| 670,29 | 670,28 |
| 549,76 | 549,75 |
| 120,53 | 120,58 |

$0{,}00$

22. Aug. **Versuch XIII.**

Wasser als Zwischenmedium.
(Ruhepunktsbeobachtungen.)

| Mit $H_2O$: | Ohne $H_2O$: |
|---|---|
| 670,28 | 670,29 |
| 549,75 | 549,74 |
| 120,53 | 120,55 |

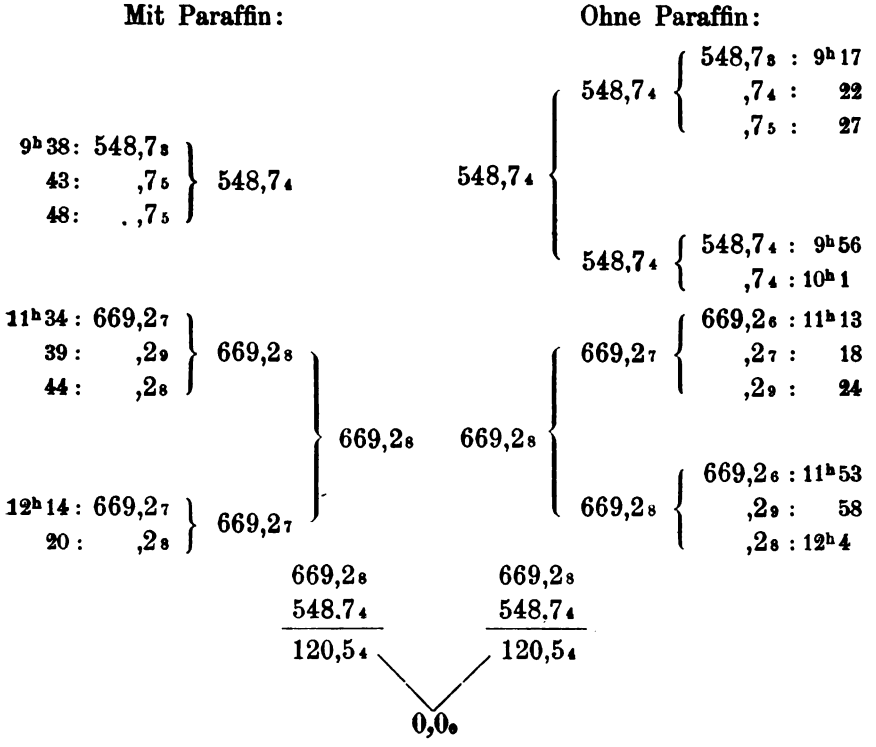
$- 0{,}02$

Digitized by Google

24. August. **Versuch XIV.**

**Paraffinöl als Zwischenmedium.**

(Ruhepunktsbeobachtungen.)




Wenn wir die grosse Übereinstimmung der letzten Versuche berücksichtigen und weiter den Umstand, dass gerade diese Versuche in sich selbst die grösste Genauigkeit aufweisen, so dürfen wir mit Recht behaupten, dass das Einführen einer 6,3 mm dicken Schicht Quecksilber, Wasser oder Paraffinöl als Zwischenmedium die Grösse der Ablenkung um höchstens $\frac{1}{1200}$ zu modifizieren imstande ist. — Sehen wir von Versuch I, II, III und VIII ganz ab, so können wir die Grenze des möglichen Einflusses auch schon für Quecksilber auf $\frac{1}{2400}$ der Gesamtablenkung reduzieren. — Mit noch grösserer Wahrscheinlichkeit können wir die Modifikation der Ablenkung auf viel weniger als $\frac{1}{1200}$ bei Wasser als Zwischenmedium ansetzen, da die Versuche XII und XIII den beiden ersten (IV und V) an Genauigkeit weit überlegen sind und eine ganz merkwürdige Übereinstimmung der Resultate unter einander aufweisen. Diese Betrachtung wird noch sehr wesentlich gefestigt durch die überaus eklatante Übereinstimmung zwischen diesen Versuchen und dem letzten Versuch mit Paraffinöl, — man vergegenwärtige sich nochmals die Resultate:

Digitized by Google

Versuch:

Mit Wasser: { 120,5s ——— XII ——— 120,5s } : Ohne Wasser
{ 120,5s ——— XIII ——— 120,5s }

Mit Paraffinöl: 120,54 ——— XIV ——— 120,54 : Ohne Paraffinöl.

An eine Beeinflussung des Beobachters durch die Wünschbarkeit übereinstimmender Resultate beim Ablesen kann dabei nicht gedacht werden, da die Versuche nie am gleichen Tage ausgeführt wurden, die genauen Zahlen des vorhergehenden Versuches also nicht mehr deutlich in der Erinnerung vorhanden waren; sie wurden auch mit Absicht nie vor Abschluss des Versuches wieder nachgeschlagen.

Nach diesen Ergebnissen glaubte ich meine experimentelle Arbeit abschliessen zu dürfen, da eine grössere Genauigkeit unter Anwendung der gleichen Versuchsmethode nicht mehr zu erzielen war und eine weitere Häufung der Versuche mir nicht mehr notwendig erschien. — Die Genauigkeit würde sich allerdings noch wesentlich steigern lassen durch einen *Umbau des Apparates;* indem man etwa nach dem Vorgange von Austin und Thwing die beiden Hebelarme des Wagebalkens durch ein längeres vertikales Verbindungsstück auseinanderziehen würde, so dass der Wagebalken ungefähr die Form eines **Z** bekäme, und jede Bleikugel nur noch auf die ihr zukommende Silberkugel einwirken könnte. Ferner könnte auch die Länge des Balkens, da die Schwingungsdauer bei Ruhepunktsbeobachtungen ohne Einfluss ist, um mehr als das Doppelte vergrössert und dadurch ein längerer Hebelarm für den Angriff der Kraft geschaffen werden. Doch würde sich durch alle diese Abänderungen die Feinheit der Messungen *kaum ihrer Ordnung nach* steigern lassen.

Man wäre nun vielleicht dazu geneigt, die Bedeutung der Resultate durch den Umstand stark beeinträchtigt zu sehen, dass die — allerdings sehr dünne — Wandung von 2 Metallhohlkugeln als Zwischenmedium stets vorhanden war, und die Modifikation des Versuches immer nur in einem Addieren von weiteren Zwischenmedien bestand: wäre nun die Wirkungsweise der Gravitation von der gleichen Beschaffenheit wie die der Elektrizität oder des Magnetismus, so würde sich unter dieser Bedingung der Einfluss des noch hinzutretenden Zwischenmediums gar nicht mehr geltend machen können, was aber keineswegs einen Beweis für gleiches Leitungsvermögen sämtlicher Medien abgeben würde! — Gewiss wären Versuche bei völliger Abwesenheit jeglicher wägbaren Substanz als Zwischenmedium zum Vergleiche mit andern Versuchen sehr erwünscht; sie müssten aber unter ganz andren Bedingungen mit eigens hiefür eingerichteten Apparaten durchgeführt werden. Was ferner den Vergleich mit dem

Digitized by Google

Verhalten der Elektrizität oder des Magnetismus unter ähnlichen Umständen betrifft, so scheinen gerade diese Versuche eine nähere Beziehung zwischen diesen beiden Kräften und der Gravitation in Abrede zu stellen, denn bei analogem Verhalten der letzteren dürfte sich *überhaupt keine Ablenkung des Wagebalkens, der von einem leitenden System völlig umschlossen ist, ergeben.*

Die Resultate der vorliegenden Arbeit sind negativer Art: *Der Ausschlag bleibt beim Einführen eines 0,63 cm dicken Zwischenmediums mit einer Genauigkeit von $\frac{1}{1200}$ gemessen — unverändert.* — Ein derartig negatives Ergebnis kann natürlich nie abschliessender Natur sein: denn was garantiert uns, dass der Einfluss des Zwischenmediums nicht *unter* dieser Grenze liegt und doch stets vorhanden ist? Allerdings ist er von viel höherer Ordnung bei anderen physikalischen Kräften, — bei der Sonderstellung aber, die die Gravitation ihnen gegenüber sowieso annimmt, braucht das absolut nicht auch bei ihr der Fall zu sein.

Ein derartig negatives Resultat kann zwar auch von einer gewissen praktischen Bedeutung sein, so z. B. für die Berechnung der Planetenmassen, — *sein Hauptgewicht aber liegt auf dem Gebiete der Vergleichung verschiedener Kräfte unter einander: die Wesensgleichheit anscheinend ganz verschiedener Kräfte, wie sie sich bei vielen anderen Kräften ergeben hat, lässt sich in Bezug auf die Gravitation keiner der sonst bekannten Kräfte gegenüber behaupten, und zu den übrigen Eigentümlichkeiten ihrer Wirkungsweise müssen wir, so lange uns durch noch feinere Versuche nicht das Gegenteil bewiesen werden kann, auch ihre Unabhängigkeit vom Zwischenmedium rechnen.*

Digitized by Google

# Die Abhängigkeit der spezifischen Wärme des festen Antimons und des festen Wismuts von der Temperatur.

Von

Hans John.

## Einleitung.

Die Erscheinungen der spezifischen Wärme haben Veranlassung zu vielen Versuchen und Aufstellung verschiedener Theorien gegeben. So wies im Jahre 1875 Herr Professor H. F. Weber nach, dass die spezifische Wärme bei Kohlenstoff, Bor und Silicium, alles Elemente mit ausnahmsweise kleinem Atomgewicht, stark mit der Temperatur zunimmt. Eine Reihe von Untersuchungen bei einer Anzahl von Elementen bestätigte die Weberschen Ansichten, ohne dass ein allgemeines Gesetz für diese Abhängigkeit aufgestellt werden konnte. (So zeigte z. B. Herr Pionchon, dass beim *Fe*, *Ni* und *Co* die spezifische Wärme mit der Temperatur beständig steigt, ohne sich einem Grenzwert zu nähern.) Nur durch Untersuchung einer möglichst grossen Anzahl von Elementen kann es uns gelingen, einen wahren Einblick in das Wesen der spezifischen Wärme zu gewinnen.

Über das Antimon und Wismut, deren spezifische Wärme zu untersuchen Aufgabe der folgenden Abhandlung ist, liegen uns folgende Literaturausgaben vor:

A. Über die mittlere spezifische Wärme des Antimons.

I. Bède, Mém. couronnés et Mém. des savants étrangers publ. par l'Acad. Roy. de Belgique, 27 (a. 1855/56)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| von | 13 | bis | 16° | $c_m$ = 0,04861 |
| „ | 15° | „ | 175° | 0,04989 |
| „ | 12° | „ | 209° | 0,05073 |

II. Bunsen. Pop. An. 141, p. 1 (a. 1870)

von 0 bis 100° $c_m$ = 0,0495

Digitized by Google

III. L. Lorenz. Wied. An. 13, pag. 422, 582 (a. 1881)
bei 0° $c_m$ = 0,05162 bei 50° $c_m$ = 0,05174
bei 75° $c_m$ = 0,05070

IV. L. Pebal und H. Jahn. Wied. An. 27, pag. 584 (a. 1886)
von −75° bis −20° $c_m$ = 0,0499
„ −20° „ + 0° 0,0486
„ 0° „ +33° 0,0495

V. Naccari, Atti di Torino 23, pag. 107 (a. 1887/88): Über die spezifische Wärme einiger Metalle zwischen gewöhnlichen Temperaturen und 320°
bei 15° $c_m$ = 0,04890 bei 200° $c_m$ = 0,05098
„ 100° 0,05031 „ 300° 0,05366

B. Über die mittlere spezifische Wärme des Wismuts.

I. Person. Popp. An. 76, pag. 426, 586 (a. 1849)
von 280° bis 380° $c_m$ = 0,03630

II. Bède, Mém. couronnés et Mém. des Savants étrangers publ. par l'Acad. Roy, de Belgique, 27, (a. 1855/56)
von 9° bis 102° $c_m$ = 0,02979

III. Kopp. Lib. An. Suppl. III, Band 1 pag. 289 (a. 1864/65)
von 20° bis 84° $c_m$ = 0,0305

IV. Lorenz Wied. An. 13, pag. 422, 582 (a. 1881)
bei 0° $c_m$ = 0,03013 bei 50° $c_m$ = 0,03066
bei 75° $c_m$ = 0,03090

Die zum Teil erheblich von einander abweichenden Resultate liessen es wünschenswert erscheinen, die Abhängigkeit der spezifischen Wärme beider Metalle von der Temperatur nochmals einer Untersuchung zu unterziehen, zumal da die Behauptung aufgestellt worden war, in gewissen Intervallen ergebe sich bei beiden trotz Steigerung der Temperatur eine Abnahme der spezifischen Wärme[1]). Die Anregung zu dieser Arbeit verdanke ich meinem hochverehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. A. Kleiner, der mir während ihrem ganzen Verlaufe wohlwollende Unterstützung zu Teil werden liess.

## Die Mischungsmethode.

Die Anwendung der eiskalorimetrischen Methode erschien mir trotz der damit erreichbaren Präzision für meine Versuche infolge verschiedener schwer zu beseitigender Hindernisse nicht ratsam. Ich stellte deswegen meine Versuche mit der Mischungsmethode an.

[1]) Vgl. Wüllner, Lehre von der Wärme, § 66, pag. 583. — Lorenz, W. A. 13, p. 446. — Schüz, W. A. 46, p. 177.

Digitized by Google

Die Messungen wurden in *Cu* Kalorimetern ausgeführt. Als Einheit der Wärmemenge wurde die mittlere spezifische Wärme des Wassers innerhalb des Temperaturintervalles, bei welchen die Versuche ausgeführt wurden, gewählt. Eine Reduktion auf Normaltemperaturen wurde nicht vorgenommen, da die bisherigen Angaben über die spezifische Wärme des Wassers zu sehr von einander abweichen. Um ein Herausspritzen des Wassers beim Einführen des Körpers, sowie einen eventuellen Wärmeverlust durch Verdampfung zu hindern, musste für eine möglichst sorgfältige, fast automatische Schliessung des Kalorimeters gesorgt werden. Die Temperaturen der Körper vor Einführung in das Kalorimeter wurden einmal bei 100° durch ein Dampfbad, die anderen Male bis zu 150° durch Ölbäder erzielt. Von 200° an verwendete ich einen elektrischen Heizapparat, bei Temperaturen unter Null Kältemischungen und zwar bei —20° Schnee und Kochsalz, bei —70° feste Kohlensäure.

Da ich bei meinen Versuchen mich durchbohrter Körper bediente und infolgedessen die Mischungstemperatur in äusserst kurzer Zeit, ca. 7 Sekunden, sich ablesen liess, war eine Beobachtung und Korrektion der durch Strahlung eintretenden Verluste ausgeschlossen. Um den hierdurch eintretenden Fehler vernachlässigen zu dürfen, verfuhr ich derart, dass ich jeweils eine solche Anfangstemperatur wählte, dass die Umgebungstemperatur das arithmetische Mittel zwischen Anfangstemperatur und Mischtemperatur wurde.

Bei den höheren Temperaturen, bei welchen Ungenauigkeiten infolge Eintretens leichter Oxydation des Antimons zu befürchten waren, sah ich mich genötigt, die Körper einzuschliessen. Die ersten Versuche nach dieser Art stellte ich so an, dass ich das Antimon galvanisch versilberte. Doch erwies sich diese Versuchsanordnung als ungünstig und zwar, da wegen der zu grossen Verschiedenheit im Ausdehnungskoeffizienten von Antimon und Silber die Silberumhüllung beim Erhitzen absplitterte.

Schliesslich schloss ich das Antimon in schwer schmelzbares Jenenser Kaliglas ein, welches, wie aus folgenden Versuchen ersichtlich, den Vorteil hat, innerhalb der angewandten Temperaturen eine nur ganz wenig ansteigende spezifische Wärme aufzuweisen.

$C_m$ des Jenenser Kaliglases bei 500°.

| *M.* | *W. W.* | *tu* | *ta* | $tm_o$ | *T.* | *c.* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8,920 | 58,154 | 19,5 | 18,70 | 20,10 | 500 | 0,19020 |
| 8,920 | 54,271 | 19,5 | 18,40 | 19,90 | 500 | 0,19010 |
| 8,920 | 59,683 | 19,5 | 18,95 | 20,32 | 500 | 0,19011 |
| | | | | | | $c_m = 0{,}19013$ |

Digitized by Google

Bei der Temperatur von 600° ergab sich, wie aus umstehenden Versuchen sichtbar, nur eine ganz geringe Steigerung der mittleren spezifischen Wärme des Glases.

$C_m$ des Jenenser Kaliglases bei 600°.

| $M.$ | $W.W.$ | $tu$ | $ta$ | $tm_c$ | $T.$ | $c.$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8,92 | 46,105 | 20,3 | 19,04 | 21,17 | 600 | 0,19021 |
| 8,92 | 57,653 | 20,3 | 19,20 | 20,90 | 600 | 0,19018 |
| 8,92 | 53,832 | 20,3 | 19,15 | 20,97 | 600 | 0,19013 |
| | | | | | | $c_m = 0{,}19017$ |

Bei der verhältnismässig geringen Masse des zur Einschliessung verwandten Glases wurde seine m. spezifische Wärme mit 0,190 in Rechnung gebracht.

Es musste aus leicht ersichtlichen Gründen dafür Sorge getragen werden, dass der Körper und die Luft in seiner Glasumhüllung möglichst trocken sei. Zu diesem Zwecke wurde vor dem Zuschmelzen der Glasspitze das Ganze mehrmals erwärmt und darauf die Luft ausgepumpt. Der Körper wurde nach der Erwärmung im elektrischen Ofen in ein Doppelkalorimeter eingeführt. Diese Art von Kalorimetern wurde zuerst von den Herren Stierlin und Brunner nach Angaben des Herrn Prof. Dr. Kleiner ausgeführt. Bei meiner Anordnung war das innere Kalorimeter rings bis an seine Oberfläche von Wasser umgeben und konnte im gegebenen Falle ganz in dasselbe versenkt werden. Es diente dazu, den Körper in Luft auf eine Temperatur, die ein Springen des Glases beim Eintauchen in das Wasser nicht befürchten liess, zu bringen. Bei diesen Versuchen mussten Korrekturen wegen der Ausstrahlung angebracht werden. Besondere Sorgfalt musste ich auf das Rühren verwenden. Dies geschah vor Einführung des Körpers mit einem Aluminiumrührer und nach der Einführung mit dem Körper selbst, der, resp. dessen Glasumhüllung, an einem Platindraht von 0,1 mm Dicke befestigt war. Das Rühren musste selbstverständlich sofort nach dem Einwerfen des Körpers erfolgen und bis nach der Ablesung am Thermometer ohne Aussetzen durchgeführt werden. Erhebliche Schwierigkeiten ergaben sich auch bei den niederen Temperaturen. Der stark abgekühlte Körper umgab sich nämlich im Wasser des Kalorimeters sofort mit einer Eishülle, Rühren konnte dieses verhindern. Es ergab sich, dass die bei diesen Versuchen zu berücksichtigende Joulesche Wärme bei der Kürze der Versuchsdauer von sehr geringem Betrage war und ohne Schaden für die Genauigkeit der Resultate praktisch vollkommen vernachlässigt werden konnte. Die Ablesung der erreichten Tempera-

Digitized by Google

turen wurde in den Intervallen von —20° bis —70° mit Toluolthermometern, von 50° bis 450° mit Quecksilberthermometern ausgeführt. Bei den Temperaturen von 500° an wurden die Temperaturen mit Thermoelementen bestimmt.

## Die Apparate.

### a) Das Kalorimeter.

Zu meinen Versuchen bediente ich mich selbstverfertigter Kalorimeter aus 0,1 mm Kupferblech, die derart gewählt wurden, dass die Mischtemperatur im Maximum um 6° die Anfangstemperatur überstieg. Durch dieses Verfahren konnte die Korrektion wegen Trägheit des Quecksilberfadens vollkommen vernachlässigt werden. Das Löten führte ich mit Zinn aus und brachte die Verschiedenheit des *Sn* mit dem Wasserwerte des Kupfers in Rechnung. Für die Versuche bei den Temperaturen von 500° ab, bei welchen ich den Körper in Glas eingeschlossen hatte, benutzte ich ein Doppelkalorimeter. Es hatte, wie schon erwähnt, die Einrichtung, dass das innere Kalorimeter, in welches der Körper mit der Glasumhüllung direkt eingeführt wurde, durch Auslösen einer Klammer in das dasselbe umgebende mit Wasser gefüllte grosse versenkt werden konnte. Sowohl an dem kleinen inneren als auch an dem grossen äusseren Gefässe waren Deckel angebracht, die sich infolge eines kleinen Winkelhebels sofort nach dem Einführen des Körpers, resp. nach dem Eintauchen über die Öffnungen der Kalorimeter legten und so eine Ausstrahlung möglichst verhinderten. Für das Doppelkalorimeter hatte ich einen besonderen Rührer konstruiert, der auch gleichzeitig als Führung für das kleine innen befindliche Kalorimeter diente.

### b) Der Kühlapparat.

Zur Herstellung von Temperaturen um —20° verwandte ich ein zylindrisches Blechgefäss, in dessen Mitte mit zwei Ringklammern ein Glasrohr von 3 cm Durchmesser zur Aufnahme des Körpers und Thermometers angebracht war. Dieses Rohr war mit einem Gummistöpsel, der nur eine eng schliessende Durchbohrung für das Thermometer trug, dicht verschlossen und so eine Reifbildung im Inneren desselben verhütet. Der Körper war an einem so dünnen Platindraht befestigt, dass seine Wärmeeinflüsse ein für allemal vernachlässigt werden konnten. Es wurde besondere Sorgfalt darauf verwandt, dass der Körper von dem Kühlapparat direkt in das Kalorimeter geführt wurde, um jeden Verlust infolge Wärmeaustausches mit der umgebenden Luft zu verhüten. Für die Erzielung der Temperaturen um —70° benutzte ich eine Glaseprouvette, die ringsum mit flüssiger

Digitized by Google

Kohlensäure umgeben werden konnte. Der Körper sowohl wie die Glasumhüllung wurden vor jedem Versuch stets sehr sorgfältig getrocknet. Das Toluolthermometer und der Körper wurden gleichfalls durch einen Stöpsel luftdicht abgeschlossen. Die Einführung der Körper in das Kalorimeter geschah gleichfalls dadurch, dass man ihn an dem Platinfaden aus dem Kühlapparat entfernte und sofort unter gleichzeitigem Rühren in das Kalorimeter einführte.

c) Der Heizapparat.

Die Temperatur von ca. 100° stellte ich für Wismut in einem Wasserverdampfungsgefäss dar. Dieses bestand aus einem abgeschlossenen, in einem Gestell drehbar angebrachten Kupferbehälter, der mit Wasser angefüllt wurde. Von aussen war ein Kupferrohr in das Gefäss eingelötet, dessen Boden sich in der Mitte des dasselbe umgebenden Wassers befand. Der Körper wurde in dieses Rohr eingeführt und dasselbe durch einen Kork verschlossen. Durch eine Gasflamme konnte das Wasser zum Sieden gebracht werden und dadurch eine konstante Temperatur erzielt werden. Hatte der Körper die Temperatur des ihn umgebenden Wasserdampfes erreicht, so wurde er nach Entfernung des Korkes und Drehung des Gefässes nach unten in das Kalorimeter fallen gelassen. Bei dieser Versuchsanordnung hatte man besonders darauf Obacht zu geben, dass der sich bildende Wasserdampf ungehindert entweichen konnte, damit kein Siedeverzug eintrat und die in Rechnung gezogene Temperatur der wirklichen gegenüber zu niedrig genommen wurde. Diese Art von Erwärmung wurde nur bei Wismut zu 100° angewandt. Bei den anderen mittleren Temperaturen wurden die betreffenden Körper vermittelst Ölbades erwärmt. Nachdem ich den Ölbehälter mit einer starken Asbestschicht umgeben und mir eine gut regulierbare Heizflamme hergestellt hatte, gelang es mir bei fleissigem Rühren des erhitzten Öles gut konstante Temperaturen herzustellen. Der Körper war wieder mit einem Platindraht in ein bis in die Mitte des zylindrischen Ölgefässes reichendes Gasrohr gehängt. Das Thermometer war unmittelbar neben ihm an einem besonderen Halter, dessen Höhenstellung beliebig zu regulieren war, befestigt. Die Anwendung des Ölerhitzungsapparates war aber nur in dem Temperaturintervall von 50 bis 150° für meine Zwecke günstig. Ihn für noch höhere Temperaturen in Anwendung zu bringen, war wegen Feuersgefahr und aus Gesundheitsrücksicht nicht durchführbar. Deswegen bediente ich mich für alle Temperaturen von 200° an eines Heracusofens. Die ganze Heizanlage befindet sich fest auf einem Brett, das durch einen Schnappverschluss aus seiner horizontalen Lage in die vertikale ge-

Digitized by Google

bracht werden kann. Die Temperatur von 200° wurde mit einem Stromaufwand von 8 Ampère erreicht, bei 600° steigerte sich der Stromverbrauch auf 18 Ampère. Der Körper wurde an dem Platindraht in die Mitte des Porzellanrohres gebracht und dort bis auf die gewünschte konstante Temperatur erhitzt. Hatte er diese erreicht, so wurde der Verschluss gelöst und der Körper nach vorheriger Entfernung der das Rohr verschliessenden Asbestpfropfen infolge der Neigung des Apparates zur Horizontalen ins Gleiten gebracht und mit dem Kalorimeter aufgefangen. Dabei war zu beobachten, dass der Körper möglichst schnell von der Mitte des Porzellanrohres, seiner anfänglichen Lage, in das Kalorimeter übergeführt wurde, da die Temperaturverteilung wohl in der Mitte des Rohres eine gleichmässige war, an den Enden jedoch erheblich variierte und bei langsamem Durchlaufen desselben eine Temperaturabnahme stattgefunden hätte.

d) Temperaturmessung mit Thermoelementen.

Sämtliche Thermometer, die ich zur Messung der tiefen und mittleren Temperaturen benutzte, waren von der deutschen Reichs-Prüfungsanstalt mit Normalthermometern verglichen und ich verwandte sie nur in den Graden, für welche eine spezielle Genauigkeit garantiert war. Trotzdem liess die Zuverlässigkeit des zuletzt gebrauchten Jenenser Borsilikat-Thermometers wegen seiner häufigen Nullpunktsverschiebung zu wünschen übrig. Ich sah mich genötigt, die Temperaturen von 500° an mit Thermoelementen zu messen und zwar verwendete ich ein von der technisch-physikalischen Reichsanstalt in Berlin hergestelltes Element, das aus *Pt* und einer Legierung von 90% *Pt* und 10% *Rh* besteht. Ihm war folgende Umrechnungstabelle beigegeben:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Temperatur | 500 | $e$ = | 4145 Mikrovolt |
| | 550 | | 4638 |
| | 600 | | 5139 |
| | 650 | | 5649 |

Hiernach wurden die mir zur Verfügung stehenden Elemente geeicht. Beim Arbeiten mit Thermoelementen sind folgende Schwierigkeiten zu beobachten: 1. Die Kompliziertheit der Beziehungen zwischen Temperatur und elektromotorischer Kraft. 2. Die Schwierigkeit, diesen elektromotorischen Kräften entsprechende Stromstärken mittelst Galvanometer zu messen und 3. die Temperatur der einen Lötstelle des Thermoelementes konstant zu erhalten. Für die Ausführung der Messung mit Thermoelementen existieren zwei Methoden. 1. Die Eichung für ein gegebenes Thermoelement. Diese beruht

Digitized by Google

darauf, dass man die Abhängigkeit seiner elektromotorischen Kraft von der Temperatur im absoluten Masse darstellt, um dann bei späteren Messungen die elektromotorischen Kräfte im absoluten Masse zu bestimmen und daraus auf die Temperatur zu schliessen. 2. Eichung für einen gegebenen Stromkreis. Hierbei braucht man weder den absoluten Wert der elektromotorischen Kraft, noch den des Widerstandes im Stromkreise, noch auch die Empfindlichkeit des Galvanometers zu kennen. Dagegen muss man im letzten Falle bei jeder Änderung in der Anordnung des Stromkreises die Eichung neu vornehmen. Ich entschloss mich zur Anwendung der zweiten Methode. Sie wird in der Praxis oft angewandt, besonders, wenn es sich um Messungen hoher Temperaturen handelt. Die Firma Kayser & Schmidt hat zu diesem Zwecke ein Galvanometer konstruiert, an dem man die Temperatur direkt ablesen kann. Doch ist dessen Anwendung in meinem Falle wegen zu sehr eingeschränkten Messbereiches nicht zu empfehlen. Ich leitete mir empirisch eine Tabelle ab, in der ich die Ausschläge an einem Drehspulen-Galvanometer mit festem Magnetsystem beobachtete. Aus ihnen interpolierte ich mit Zuhilfenahme oben angegebner Werte durch Rechnung und auf graphischem Wege eine Tabelle zum Gebrauch. Im übrigen verfuhr ich hierbei im allgemeinen wie Herr Adler bei seiner thermoelektrischen Bestimmung der Temperaturen des Chroms, nur mit dem Unterschiede, dass ich es für meine Zwecke für ausreichend hielt, die Temperaturbestimmung im Kalorimeter mit Thermometern beizubehalten, da bei der ausserordentlichen Empfindlichkeit des von mir benutzten Thermometers eine grössere Präzision in der Temperaturbestimmung kaum noch erreicht werden konnte.

## Versuchsanordnung.

Nach genauer Bestimmung des Gewichtes des Körpers (und ev. seiner Glasumhüllung) wurde er in den betreffenden Heiz- oder Kühlapparat eingeführt. Um eine Temperatur zu erreichen, die mit der angegebenen genau übereinstimmte, wurde das Thermometer bezw. Thermoelement in seine Aushöhlung direkt eingeführt. Nach durchschnittlich 30 Minuten hatte der Körper die für den jeweiligen Versuch gewünschte konstante Temperatur angenommen. Während seiner Erwärmung wurde der Kalorimeterapparat für den Versuch bereit gemacht. Dazu gehörte, dass zuerst das Gewicht des in ihm befindlichen Wassers und die jeweiligen Wasserwerte des Kalorimeters, Rührers und Thermometers bestimmt wurden. Darauf wurde der Rührer in Tätigkeit gesetzt und der Körper, wenn die gewünschte Anfangstemperatur erreicht war, schnell in das Kalorimeter einge-



Digitized by Google

führt und das Rühren augenblicklich bis zur Konstatierung der höchsten Mischtemperatur fortgesetzt. Bei denjenigen Versuchen, bei welchen das Antimon in Glas eingeschlossen war, wurde das Steigen der Temperatur im Kalorimeter vor, während und nach der Einführung genau beobachtet und daraus die Strahlenkorrektion berechnet. Die nötige Geschicklichkeit, den Körper in verschwindend geringer Zeit in die verhältnismässig enge Öffnung des Kalorimeters zu bringen, erforderte viel Übung. Die Ablesung wurde mit einer Lupe von starker Vergrösserung ausgeführt und zwar wurde das Kalorimeter dem Tageslicht entgegengestellt, event. beleuchtete ich die Skala des Thermometers mit einer Gasflamme, wobei ich dafür Sorge trug, dass ihre Wärmestrahlung nach dem Kalorimeter hin verhindert wurde und dadurch keine Fehlerquelle entstand.

Im folgenden führe ich eine Beobachtung mit in der Glashülle befindlichen Antimon bei 600 Grad vor, um eine Zusammenstellung der nötigen Wägungen und Messungen während eines Versuches zu geben.

| | |
|---|---|
| Gewicht des Antimons $M$ | 32,067 g |
| der Glasumhüllung $G$ | 9,614 g |
| Summe aller für den Versuch in Berechnung zu ziehender Wasserwerte | 129,510 g |
| Spezifische Wärme des Glases | 0,190 |

Ablesung eines Ausschlages im Galvanometer durch das Fernrohr von 365 Skalenteilen, entsprechend einer Temperatur $T$ von 600 Grad.

Ablesungen am Kalorimeter-Thermometer:

| | | |
|---|---|---|
| Umgebungs-Temperatur | $tu$ | 21,20° |
| Anfangs- „ | $ta$ | 11,25° |
| Misch- „ | $tm$ | 26,41° |
| Korrektion wegen Strahlung | | 0,13° |
| korrigierte Mischtemperatur | $tm_{cor}$ | 26,54° |

Die spezifische Wärme des Antimons für diesen Versuch berechnet sich sodann aus folgender Gleichung:

$$c^{T=600} = \frac{W\,W}{M} \cdot \frac{tm_{cor} - ta - G.\,cg\,(T - tm_{cor})}{T - tm_{cor}}$$

Es resultiert für die mittlere spezifische Wärme des Antimons bei 600° aus dieser Gleichung der Wert:

$$c^{T=600} = 0{,}050710.$$

## Die Berechnung der Versuchsresultate.

Um die Abhängigkeit der spezifischen Wärme von der Temperatur festzustellen, d. h. um die spezifische Wärme als Funktion der Temperatur ausdrücken zu können, schlug ich folgendes Verfahren

Digitized by Google

ein. Aus der durch die Versuche ermittelten mittleren spezifischen Wärme zwischen gegebenen Temperaturen konnte ich eine Kurve konstruieren, die mir ein beiläufiges Bild über den Verlauf der wirklichen Kurve gab. Dieses Bild zeigte aber durch seinen unregelmässigen Verlauf, dass eine direkte genaue Bestimmung von $C_m^T$ unmöglich war. Es ist auch begreiflich, dass eine Bestimmung von $C_m^T$ aus der mittleren spezifischen Wärme nur dann möglich ist, wenn die Kurve der mittleren spezifischen Wärme als Funktion der Temperatur aufgefasst bis zu einem gewissen Grade gradlinig verläuft, dass dagegen bei stark gekrümmten Kurven die Kurve der mittleren spezifischen Wärme uns kein Bild der wirklichen geben kann. Das ist auch der Grund, weshalb eine Bestimmung unserer Kurven durch Division der Werte für die Gesamtwärme durch das dazugehörige Temperaturintervall unmöglich erschien. Deshalb musste das Regnaultsche Verfahren zur Berechnung der spezifischen Wärme zu Hülfe gezogen werden. Dazu bestimmte ich mehrere Werte in gleichen Temperaturintervallen der Wärmemenge, die angibt, wieviel Wärme ein g. festes Antimon braucht, damit seine Temperatur von $T^0$ bis zu einer bestimmten Temperatur $T$ erhöht wird, respektive wieviel Wärme es abgibt, wenn seine Wärme von $T$ bis $T^0$ sinkt. Diese Werte wurden aus den Beobachtungen nach der Formel

$$Q = \pm \frac{\Sigma W W}{M} (t - ta) \text{ berechnet.}$$

Hieraus wurde vermittelst der Methode der kleinsten Quadrate die Abhängigkeit der Wärmemenge von der Temperatur $F_t = g$ ermittelt. Diese Funktion nach $T$ differenziert ergibt die wahre spezifische Wärme für jede beliebige Temperatur.

In erster Linie handelte es sich darum, $g$ zu ermitteln. Hierzu bediente ich mich der Ausgleichsrechnung und der experimentell gefundenen Werte von $K$. In jeder Gruppe waren fünf Versuche angestellt worden. Da aber bei den einzelnen Versuchen der verschiedenen Gruppen die Mischungstemperaturen variierten, sah ich mich genötigt, vor der Ausgleichung alle Werte von $Q$ auf eine gemeinsame Mischtemperatur zu reduzieren und zwar wählte ich als solche 22°, da diese Temperatur der Mischungstemperatur der meisten Versuche am nächsten kam und infolgedessen die Reduzierung auf Grund der Proportionalität vorgenommen werden konnte. Nur für die Temperaturen — 70° und — 20° sowohl beim Wismut wie beim Antimon wäre eine solche Reduktion auf Grund der Proportionalität nicht einwandfrei gewesen. Es musste vielmehr durch vorherige Ausgleichsrechnung innerhalb der Gruppe die spezifische Wärme $g' = F, T$ gesucht werden. Hierauf wurde nach dieser Formel die spezifische

Digitized by Google

Wärme zwischen 22° und der praktisch gefundenen Mischtemperatur berechnet, welche ihrerseits einer Temperatur von 20,526 entsprach. Diese so gefundene Temperatur benutzte ich zur Reduktion der Mischtemperatur auf 22°. Ich erhielt also nach der Reduktion statt der Werte $Q$ mit den entsprechenden Temperaturdifferenzen, wie sie sich aus den Versuchen ergaben, die neuen Werte $Q + (\Delta Q)_{t-22}$ mit den entsprechenden Temperaturdifferenzen $(T - 22)$. Aus diesen wurde für jede [Temperatur] Gruppe der Mittelwert berechnet nach der Formel: $\frac{\Sigma(Q + \Delta Q)}{5}$ und $\frac{\Sigma(T - 20)}{5}$.

Die Grösse der Wärmemenge $Q$, welche einem Körper zugeführt werden muss, um seine Temperatur von 22° auf $T^0$ zu erhöhen, kann durch eine Potenzreihe dargestellt werden. Es zeigte sich, dass eine genügende Genauigkeit erreicht wird, wenn man die Reihe bis zur vierten Potenz durchführt. Es ergibt sich folgende Gleichung.

$$Q = a_1 (T - 22) + a_2 (T - 22)^2 + a_3 (T - 22)^3 + a_4 (T - 22)^4 \cdots 1)$$

Durch das Einführen des Argumentes $T - 22$ statt $T$ erübrigt sich die Bestimmung der Konstanten $a_0$, die diejenige Wärmemenge darstellen würde, welche abgegeben werden müsste, um das Wismut resp. Antimon von 22° auf 0° abzukühlen. Gleichfalls ergibt sich der Vorteil, für die Ausgleichsrechnung die Gleichung für die mittlere spezifische Wärme $C_{22}^T$ zwischen 22° und $T^0$ benützen zu können, die nur dritten Grades ist.

Es ist nämlich $Q = C_{22}^T (T - 22)$ und dies ergibt für:

$$C_{22}^T = a_1 + a_2 (T - 22) + a_3 (T - 22)^2 + a_4 (T - 22)^3.$$

Die wahre spezifische Wärme $C_t$ ist die erste Derivierte $\frac{dQ}{dT}$, welche sich wie folgt ergibt

$$C_t = a_1 + 2a_2 (T - 22) + 3a_3 (T - 22)^2 + 4a_4 (T - 22)^3.$$

Es ist ersichtlich, dass man die Gleichung für $Q$ gar nicht zu kennen braucht, um ihre Ableitung zu bilden, sondern nur diejenige für $C_{20}^T$, deren Konstanten $a_1$, $a_2$, $a_3$ und $a_4$ mit 1, resp. 2, 3 und 4 zu multiplizieren sind. Die Rechnungen wurden nach der Methode der Determinanten ausgeführt. Dabei empfiehlt es sich, ein Rechenschema herzustellen, um überflüssige Rechnungen zu vermeiden. Aber auch dann noch ist die Ausrechnung sehr langwierig, da selbst mit siebenstelligen Logarithmen keine genügende Genauigkeit zu erreichen ist. Andrerseits nimmt das Rechnen mit 13-stelligen Logarithmen, wie ich sie angewendet habe, beträchtlich viel Zeit in Anspruch und

Digitized by Google

es ist empfehlenswert, nur die Potenzierungen auf logarithmischem Wege auszurechnen, dagegen die Multiplikationen auf gewöhnlichem Wege auszuführen. Die 13-stellige Logarithmentafel war von dem Major und Professor der Mathematik beim kais. kgl. Bombardierkorps in Göttingen Georg Vega im Jahre 1794 herausgegeben. Herr Prof. Wolfer hatte die Güte, sie mir auf die Dauer meiner Berechnungen aus der astronomischen Bibliothek des hiesigen Polytechnikums zur Verfügung zu stellen.

Die entsprechenden Werte für $C_{22}^T$ und $T-22$ wurden in die oben gebrachte Gleichung $C_{22}^T = \cdot\cdot$ eingesetzt und zur Ausgleichung der Untersuchungen verwendet, die nach der Methode der Annäherungen vorgenommen wurde. Näheres enthält das, auch von Herrn Dr. Adler in seiner Dissertation verwendete Schema aus Weinsteins „Handbuch der physikalischen Massbestimmungen" Teil 1, Seite 428. Für die vier Konstanten des Wismuts ergaben sich folgende Werte:

$$\begin{aligned} a_1 &= \ \ 0,029\,563\,27 \\ a_2 &= \ \ 0,000\,003\,045\,011\,24 \\ a_3 &= -0,000\,000\,115\,198\,98 \\ a_4 &= \ \ 0,000\,000\,000\,456\,07. \end{aligned}$$

Diese Werte in $C_{20}^T = \cdots$ eingesetzt ergaben für die mittlere spezifische Wärme folgende Gleichung:

$$C_{22}^T = 0,029\,563\,27 + 0,000\,003\,045\,011\,24\,(T-22) - 0,000\,000\,115\,198\,98\,(T-22)^2 + 0,000\,000\,000\,456\,07\,(T-22)^3.$$

Die wahre spezifische Wärme für Wismut ist die erste Ableitung von $Q$ (erste Gleichung) also:

$$C^T = 0,029\,563\,27 + 0,000\,006\,0900\,(T-22) - 0,000\,000\,3456\,(T-22)^2 + 0,000\,000\,001\,8243\,(T-22)^3.$$

Bei Antimon ergaben sich analog folgende Werte für die vier Konstanten:

$$\begin{aligned} a_1 &= \ \ 0,049\,410\,78 \\ a_2 &= -0,000\,001\,3097 \\ a_3 &= -0,000\,000\,00\,517\,1207 \\ a_4 &= \ \ 0,000\,000\,00\,002\,457\,33. \end{aligned}$$

Für die mittlere spezifische Wärme resultiert mithin folgende Gleichung:

$$C_{22}^T = 0,\ 049\,410\,78 - 0,000\,001\,3097\,(T-22) - 0,000\,000\,00\,517\,1207\,(T-22)^2 + 0,000\,000\,000\,0\,245\,733\,(T-22)^3$$

und für die wahre spezifische Wärme des Antimons: $\frac{dQ}{dT} =$

$$C^T = 0,049\,410\,78 - 0,000\,00\,261\,94\,(T-22) - 0,000\,000\,0\,155\,136\,(T-22)^2 + 0,000\,000\,000\,0\,982\,932\,(T-22)^3.$$

Digitized by Google

## Die Tabellen.

Im folgenden bringe ich die Zusammenstellung meiner angestellten Versuche. Zum Zwecke einer grösseren Übersichtlichkeit bringe ich in den ersten beiden Tabellen nur die Temperaturen und die dabei erhaltenen spezifischen Wärmen, es sind dies immer die Mittelwerte aus je fünf Versuchen. Es soll bedeuten

$M$ = Masse des Antimons resp. Wismuts.
$WW$ = Wasserwerte.
$t_u$ = Umgebungstemperatur.
$t_a$ = Anfangstemperatur.
$t_m$ = Mischungstemperatur.
$C$ = spezifische Wärme.
$\Delta$ = Abweichung der spezifischen Wärme von dem während fünf Versuchen erzielten Mittelwert.

### 1. Versuche mit *Bi*.

| Temperatur im Durchschnitt | Aus den Versuchen ermitteltes $C$. |
|---|---|
| 1. — 72,76° | 0,029349 |
| 2. — 20,818 | 0,029518 |
| 3. + 50,98 | 0,029430 |
| 4. + 98,70 | 0,029636 |

| Durchschnittstemperatur | Spez. Wärme im M. | Durchschnittstemperatur | Spez. Wärme im M. |
|---|---|---|---|
| 5. 150,00 | 0,029415 | 7. 250,64 | 0,029917 |
| 6. 203,40 | 0,029347 | 8. 261 | 0,030231 |

### 2. Versuche mit Antimon.

| | $T$ | $C_m$ | | $T$ | $C_m$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | — 72,40 | 0,049315 | 9. | 350,00 | 0,050220 |
| 2. | — 20,9 | 0,049368 | 10. | 404,00 | 0,050336 |
| 3. | + 50,05 | 0,049517 | 11. | 446,50 | 0,050388 |
| 4. | + 99,53 | 0,049804 | $12_a$. | 512,40 | 0,050254 |
| 5. | + 150,00 | 0,049580 | 13. | 500,00 | 0,050496 |
| 6. | 201,40 | 0,049940 | 14. | 550,00 | 0,050617 |
| 7. | 254,2 | 0,050161 | 15. | 600,00 | 0,050724 |
| 8. | 302,6 | 0,050205 | 16. | 625,00 | 0,050834 |

Der für *Sb* gefundene Wert $C_m = 0{,}050254$ (Versuch 12 bei 512°) wurde zur Ausgleichsrechnung nicht mitverwandt, da die eingetretene Oxydation der Oberfläche eine Fehlerquelle abgeben musste. Der andere Wert $C_m$ von *Sb* bei 500 wurde, nachdem der Körper in Glas eingeschlossen worden war, erzielt.

Es folgen nun die sämtlichen Versuchstabellen. In den vier letzten sind noch die Werte für das Gewicht und die mittlere spezifische Wärme des Jenenser Kaliglases eingeführt.

Digitized by Google

*Bi*

| | | *M* | *W W* | *T* | *tu* | *ta* | *tm* | *T−tm* | *tm−ta* | *C* | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 51,035 | 29,887 | 69 | 19,8 | 16,50 | 12,29 | 82,29 | 4,21 | 0,029278 | 0,000 − 071 |
| | 2. | 51,035 | 36,827 | 75,8 | 19,8 | 16,90 | 13,28 | 89,08 | 3,62 | 0,029324 | − 025 |
| − 70° | 3. | 51,035 | 36,176 | 74 | 19,8 | 16,08 | 12,50 | 86,50 | 3,58 | 0,029335 | − 014 |
| | 4. | 51,035 | 33,024 | 72 | 19,8 | 15,50 | 12,01 | 84,01 | 3,49 | 0,029474 | + 125 |
| | 5. | 51,035 | 35,647 | 73 | 19,8 | 17,30 | 13,66 | 86,66 | 3,64 | 0,029337 | − 012 |
| | | | | 72,76 | | | | | | 0,029349 | |

| | | *M* | *W W* | *T* | *tu* | *ta* | *tm* | *T−tm* | *tm−ta* | *C* | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 51,035 | 25,879 | 21 | 19,2 | 20,80 | 17,58 | 38,58 | 2,22 | 0,029180 | 0,000 − 338 |
| | 2. | 51,035 | 26,235 | 21,2 | 19,2 | 18,52 | 16,35 | 37,55 | 2,17 | 0,029707 | + 189 |
| − 20° | 3. | 51,035 | 26,841 | 20,09 | 19,2 | 16,59 | 14,64 | 34,63 | 1,95 | 0,029626 | + 108 |
| | 4. | 51,035 | 25,116 | 20,9 | 19,2 | 16,20 | 14,09 | 34,99 | 2,11 | 0,029682 | + 164 |
| | 5. | 51,035 | 25,301 | 20,9 | 19,2 | 17,33 | 15,19 | 36,09 | 2,14 | 00,29396 | − 122 |
| | | | | 20,818 | | | | | | 0,029518 | |

| | | *M* | *W W* | *T* | *tu* | *ta* | *tm* | *T−tm* | *tm−ta* | *C* | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 51,030 | 18,425 | 51,00 | 21 | 20,27 | 22,60 | 28,40 | 2,33 | 0,029850 | 0,000 + 214 |
| | 2. | 51,030 | 16,148 | 50,50 | 21 | 19,71 | 22,29 | 28,21 | 2,58 | 0,029620 | − 016 |
| + 50° | 3. | 51,030 | 19,914 | 51,00 | 21 | 19,51 | 21,73 | 29,27 | 2,22 | 0,029860 | + 224 |
| | 4. | 51,030 | 20,081 | 51,40 | 21 | 19,81 | 22,02 | 29,38 | 2,21 | 0,029424 | − 212 |
| | 5. | 51,030 | 20,041 | 51,00 | 21 | 19,75 | 21,97 | 29,03 | 2,22 | 0,029430 | − 206 |
| | | | | 50,98 | | | | | | 0,029430 | |

| | | *M* | *W W* | *T* | *tu* | *ta* | *tm* | *T−tm* | *tm−ta* | *C* | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 56,380 | 26,930 | 98,70 | 19,0 | 17,79 | 22,55 | 76,15 | 4,76 | 0,029850 | 0,000 + 214 |
| | 2. | 56,380 | 26,585 | 98,70 | 19,0 | 17,60 | 22,38 | 76,32 | 4,78 | 0,029620 | − 016 |
| + 100° | 3. | 56,380 | 27,160 | 98,70 | 19,5 | 17,90 | 22,55 | 76,15 | 4,65 | 0,029860 | + 224 |
| | 4. | 56,380 | 26,380 | 98,70 | 19,5 | 17,30 | 22,12 | 76,58 | 4,82 | 0,029424 | − 212 |
| | 5. | 56,380 | 26,982 | 98,70 | 19,5 | 17,40 | 22,10 | 76,60 | 4,70 | 0,029430 | − 206 |
| | | | | 98,70 | | | | | | 0,029636 | |

| | | *M* | *W W* | *T* | *tu* | *ta* | *tm* | *T−tm* | *tm−ta* | *C* | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 56,380 | 25,925 | 150 | 22,2 | 19,30 | 27,10 | 122,90 | 7,80 | 0,029153 | 0,000 − 097 |
| | 2. | 56,380 | 26,719 | 150 | 22,2 | 18,29 | 25,99 | 124,01 | 7,70 | 0,029424 | − 026 |
| 150° | 3. | 56,380 | 27,152 | 150 | 22,2 | 18,70 | 26,20 | 123,80 | 7,50 | 0,029159 | − 091 |
| | 4. | 56,380 | 26,680 | 150 | 22,2 | 18,50 | 26,20 | 123,80 | 7,70 | 0,029428 | + 178 |
| | 5. | 56,380 | 26,357 | 150 | 22,2 | 18,60 | 26,30 | 123,70 | 7,70 | 0,029909 | + 659 |
| | | | | 150 | | | | | | 0,029415 | |

Digitized by Google

*Bi*

| | | *M* | *W W* | *T* | *tu* | *ta* | *tm* | *T−tm* | *tm-ta* | *C* | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 51,300 | 36,411 | 202 | 19,7 | 15,55 | 23,00 | 179,00 | 7,45 | 0,029557 | 0,000 + 210 |
| | 2. | 51,300 | 35,796 | 200 | 19,7 | 17,70 | 25,02 | 174,98 | 7,32 | 0,029191 | — 156 |
| 200° | 3. | 51,300 | 35,616 | 201 | 19,7 | 20,19 | 27,50 | 173,50 | 7,31 | 0,029210 | — 137 |
| | 4. | 51,300 | 36,966 | 206 | 19,7 | 15,48 | 23,00 | 183,00 | 7,52 | 0,029610 | + 263 |
| | 5. | 51,300 | 37,146 | 208 | 19,7 | 14,82 | 22,30 | 185,7 | 7,48 | 0,029166 | — 181 |
| | | | | 203,4 | | | | | | 0,029347 | |

| | | *M* | *W W* | *T* | *tu* | *ta* | *tm* | *T−tm* | *tm-ta* | *C* | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 51,300 | 35,873 | 251 | 19,1 | 11,35 | 21,20 | 229,80 | 9,85 | 0,029971 | 0,000 + 054 |
| | 2. | 51,300 | 37,001 | 251 | 19,1 | 12,95 | 22,80 | 228,20 | 9,85 | 0,029815 | — 102 |
| 250° | 3. | 51,300 | 39,275 | 243,2 | 19,1 | 17,15 | 25,60 | 217,60 | 8,10 | 0,030137 | + 220 |
| | 4. | 51,300 | 36,723 | 256 | 19,1 | 15,19 | 25,50 | 230,50 | 9,60 | 0,029813 | — 104 |
| | 5. | 51,300 | 38,688 | 252 | 19,1 | 15,65 | 24,65 | 227,35 | 9,00 | 0,029853 | — 064 |
| | | | | 250,64 | | | | | | 0,029917 | |

| | | *M* | *W W* | *T* | *tu* | *ta* | *tm* | *T−tm* | *tm-ta* | *C* | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 51,300 | 36,103 | 264 | 18,5 | 12,00 | 22,50 | 241,50 | 10,50 | 0,030599 | 0,000 + 368 |
| | 2. | 51,300 | 37,553 | 261 | 18,5 | 15,65 | 25,20 | 235,80 | 9,55 | 0,029648 | — 583 |
| 260° | 3. | 51,300 | 39,033 | 259 | 18,5 | 13,8 | 23,10 | 235,90 | 9,30 | 0,030707 | + 476 |
| | 4. | 51,300 | 38,333 | 261 | 18,5 | 12,8 | 22,30 | 239,70 | 9,50 | 0,029626 | — 605 |
| | 5. | 51,300 | 39,075 | 260 | 18,5 | 12,45 | 22,00 | 238,00 | 9,55 | 0,030575 | + 344 |
| | | | | 261 | | | | | | 0,030231 | |

*Sb*

| | | *M* | *W W* | *T* | *tu* | *ta* | *tm* | *tm-ta* | *T−tm* | *Cm* | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 32,265 | 35,908 | − 78 | 20 | 17,70 | 13,65 | 4,05 | 91,65 | 0,049180 | 0,000 − 135 |
| | 2. | 32,265 | 36,421 | − 71 | 19,2 | 17,80 | 14,08 | 3,72 | 85,08 | 0,049354 | + 039 |
| — 70° | 3. | 32,265 | 36,506 | − 69 | 20 | 15,96 | 12,42 | 3,45 | 81,42 | 0,049192 | — 123 |
| | 4. | 32,265 | 36,631 | − 73 | 19 | 15,80 | 12,08 | 3,72 | 85,08 | 0,049640 | + 325 |
| | 5. | 32,265 | 36,405 | − 71 | 19 | 16,10 | 12,46 | 3,64 | 83,46 | 0,049210 | — 105 |
| | | | | − 72.40 | | | | | | 0,049315 | |

| | | *M* | *W W* | *T* | *tu* | *ta* | *tm* | *tm-ta* | *T−tm* | *Cm* | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 32,265 | 25,749 | − 21 | 13,0 | 17,35 | 15,13 | 2,22 | 36,13 | 0,049161 | 0,000 − 207 |
| | 2. | 32,265 | 25,892 | − 21,15 | 18,8 | 17,15 | 14,93 | 2,22 | 36,08 | 0,049377 | + 009 |
| — 20° | 3. | 32,265 | 25,763 | − 21 | 18,8 | 17,30 | 15,08 | 2,22 | 36,08 | 0,049119 | — 249 |
| | 4. | 32,265 | 25,209 | − 20,9 | 18,8 | 17,67 | 15,38 | 2,29 | 36,28 | 0,049430 | + 062 |
| | 5. | 32,265 | 24,720 | − 20,9 | 18,8 | 16,95 | 14,65 | 2,30 | 35,55 | 0,049653 | + 285 |
| | | | | − 20,9 | | | | | | 0,049368 | |

Digitized by Google

*Sb*

| | | *M* | *W W* | *T* | *tu* | *ta* | *tm* | *tm-ta* | *T-tm* | *Cm* | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 31,990 | 23,484 | + 49,8 | 22 | 20,50 | 22,32 | 1,82 | 26,98 | 0,049521 | 0,000 + 004 |
| | 2. | 31,990 | 24,887 | + 50,20 | 22 | 20,62 | 22,39 | 1,77 | 27,81 | 0,049513 | — 004 |
| + 50° | 3. | 31,990 | 25,475 | + 50,30 | 22 | 19,40 | 21,21 | 1,81 | 29,69 | 0,049502 | — 015 |
| | 4. | 31,990 | 26,475 | + 50,25 | 22 | 19,26 | 21,01 | 1,75 | 29,24 | 0,049532 | + 015 |
| | 5. | 31,990 | 25,10 | + 50,20 | 22 | 19,56 | 21,34 | 1,78 | 28,86 | 0,049520 | + 003 |
| | | | | + 55,05 | | | | | | 0,049517 | |

| | | *M* | *W W* | *T* | *tu* | *ta* | *tm* | *tm-ta* | *T-tm* | *Cm* | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 31,990 | 21,291 | 98,80 | 21,2 | 18,21 | 23,82 | 5,61 | 74,98 | 0,049791 | 0,000 — 013 |
| | 2. | 31,990 | 21,261 | 99,7 | 21,2 | 18,36 | 24,03 | 5,67 | 75,67 | 0,049802 | — 002 |
| 100° | 3. | 31,990 | 21,185 | 99,65 | 21,2 | 18,29 | 23,98 | 5,69 | 75,67 | 0,049798 | — 006 |
| | 4. | 31,990 | 20,946 | 99,7 | 21,2 | 18,79 | 24,51 | 5,72 | 75,19 | 0,049813 | + 009 |
| | 5. | 31,990 | 21,06 | 99,80 | 21,2 | 18,63 | 24,34 | 5,71 | 75,46 | 0,049816 | + 012 |
| | | | | 99,53 | | | | | | 0,049804 | |

| | | *M* | *W W* | *T* | *tu* | *ta* | *tm* | *tm-ta* | *T-tm* | *C* | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 37,083 | 26,664 | 150 | 22 | 18,42 | 26,82 | 8,40 | 123,18 | 0,049420 | 0,000 — 160 |
| | 2. | 37,083 | 26,400 | 150 | 22 | 17,70 | 26,60 | 7,90 | 123,40 | 0,049580 | ± 0 |
| 150° | 3. | 37,083 | 27,165 | 150 | 22 | 19,32 | 27,60 | 8,28 | 122,40 | 0,049510 | — 070 |
| | 4. | 37,083 | 26,527 | 150 | 22 | 19,5 | 28,12 | 8,62 | 121,88 | 0,049590 | + 010 |
| | 5. | 37,083 | 28,295 | 150 | 22 | 18,9 | 27,0 | 8,1 | 123,00 | 0,049820 | + ? |
| | | | | 150 | | | | | | 0,049580 | |

| | | *M* | *W W* | *T* | *tu* | *ta* | *tm* | *tm-ta* | *T-tm* | *C* | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 32,945 | 33,400 | 200 | 21,3 | 13,68 | 22,50 | 8,82 | 177,50 | 0,049820 | 0,000 — 120 |
| | 2. | 32,945 | 33,582 | 204 | 21,3 | 18,20 | 26,9 | 8,70 | 177,10 | 0,049520 | — 420 |
| 200° | 3. | 32,945 | 32,903 | 193 | 22,4 | 17,00 | 25,35 | 8,35 | 167,65 | 0,049480 | — 460 |
| | 4. | 32,945 | 30,762 | 203 | 22,4 | 13,00 | 23,5 | 9,80 | 179,5 | 0,049420 | + 480 |
| | 5. | 32,945 | 32,457 | 207 | 22,4 | 14,70 | 24,0 | 9,30 | 183,0 | 0,050490 | + 550 |
| | | | | 201,4 | | | | | | 0,049940 | |

| | | *M* | *W W* | *T* | *tu* | *ta* | *tm* | *tm-ta* | *T-tm* | *C* | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 32,866 | 37,622 | 258 | 21,3 | 15,55 | 26,5 | 10,95 | 246,5 | 0,050849 | 0,000 + 688 |
| | 2. | 32,866 | 38,458 | 259 | 21,3 | 12,75 | 22,78 | 10,03 | 236,22 | 0,049682 | — 479 |
| 250° | 3. | 32,789 | 39,139 | 248 | 20,6 | 14,55 | 23,90 | 9,35 | 224,1 | 0,050832 | + 771 |
| | 4. | 32,789 | 39,068 | 252 | 20,6 | 13,8 | 23,4 | 9,6 | 229,6 | 0,049810 | — 351 |
| | 5. | 32,789 | 37,738 | 254,2 | 20,6 | 14,0 | 23,9 | 9,9 | 230,1 | 0,049633 | — 528 |
| | | | | 254,2 | | | | | | 0,050161 | |

Digitized by Google

*Sb*

| | | *M* | *W W* | *T* | *tu* | *ta* | *tm* | *tm-ta* | *T-tm* | *C* | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 32,789 | 39,246 | 302 | 21,6 | 10,5 | 22,25 | 11,75 | 279,75 | 0,050274 | 0,000 + 069 |
| | 2. | 32,789 | 39,587 | 303 | 21,6 | 11,3 | 23,40 | 11,6 | 279,60 | 0,050090 | + 115 |
| 300° | 3. | 32,789 | 39,403 | 305 | 21,6 | 11,0 | 22,80 | 11,8 | 282,60 | 0,050177 | — 028 |
| | 4. | 32,789 | 39,833 | 305 | 21,2 | 11,0 | 22,66 | 11,66 | 282,34 | 0,050170 | — 035 |
| | 5. | 32,789 | 39,023 | 298 | 21,2 | 14,50 | 26,0 | 11,50 | 272,00 | 0,050318 | + 113 |
| | | | | 302,6 | | | | | | 0,050205 | |

| | | *M* | *W W* | *T* | *tu* | *ta* | *tm* | *tm-ta* | *T-tm* | *C* | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 32,789 | 39,443 | 352 | 20,8 | 11,3 | 24,8 | 13,5 | 327,2 | 0,049632 | 0,000 — 588 |
| | 2. | 32,789 | 39,523 | 344 | 20,8 | 11,1 | 24,4 | 13,3 | 319,6 | 0,050160 | — 060 |
| 350° | 3. | 32,740 | 38,768 | 351 | 21,2 | 13,2 | 27,0 | 13,8 | 324,0 | 0,050434 | + 214 |
| | 4. | 32,740 | 38,903 | 353 | 21,2 | 13,3 | 27,05 | 13,75 | 325,95 | 0,050124 | — 096 |
| | 5. | 32,740 | 38,463 | 350 | 21,2 | 14,4 | 28,3 | 13,9 | 321,70 | 0,050760 | + 540 |
| | | | | 350 | | | | | | 0,050220 | |

| | | *M* | *W W* | *T* | *tu* | *ta* | *tm* | *tm-ta* | *T-tm* | *C* | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 32,740 | 77,567 | 404 | 21,2 | 12,2 | 20,25 | 8,05 | 383,75 | 0,049763 | 0,000 — 573 |
| | 2. | 32,740 | 73,497 | 404 | 21,2 | 10,10 | 18,70 | 8,60 | 385,30 | 0,050106 | — 230 |
| 400° | 3. | 32,740 | 71,712 | 404 | 21,2 | 16,75 | 25,57 | 8,82 | 378,93 | 0,050981 | + 645 |
| | 4. | 32,740 | 72,682 | 404 | 21,2 | 17,70 | 26,30 | 8,60 | 377,70 | 0,050544 | + 208 |
| | 5. | 32,740 | 73,570 | 404 | 21,2 | 10,25 | 18,90 | 8,65 | 385,10 | 0,050327 | — 009 |
| | | | | 404 | | | | | | 0,050336 | |

| | | *M* | *W W* | *T* | *tu* | *ta* | *tm* | *tm-ta* | *T-tm* | *C* | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 32,740 | 75,860 | 440 | 19,1 | 12,0 | 21,15 | 9,15 | 418,85 | 0,050616 | 0,000 — 228 |
| | 2. | 32,690 | 74,202 | 451 | 19,1 | 13,35 | 22,80 | 9,45 | 428,20 | 0,050093 | — 295 |
| 450° | 3. | 32,690 | 76,442 | 451 | 19,1 | 14,85 | 24,05 | 9,20 | 426,95 | 0,050382 | — 0,06 |
| | 4. | 32,684 | 74,934 | 442,5 | 19,1 | 14,9 | 24,1 | 9,20 | 418,4 | 0,050076 | — 312 |
| | 5. | 32,684 | 74,670 | 448 | 19,1 | 12,80 | 22,20 | 9,40 | 425,80 | 0,049842 | — 546 |
| | | | | 446,5 | | | | | | 0,050388 | |

| | | *M* | *W W* | *T* | *tu* | *ta* | *tm* | *tm-ta* | *T-tm* | *C* | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 32,675 | 76,822 | 509 | 19,4 | 15 | 25,4 | 10,4 | 483,6 | 0,050560 | 0,000 + 306 |
| | 2. | 32,675 | 75,692 | 512 | 19,4 | 15,7 | 26,35 | 10,65 | 485,65 | 0,050886 | + 632 |
| 500° | 3. | 32,660 | 77,882 | 514 | 19,5 | 15,19 | 25,35 | 10,20 | 488,66 | 0,049777 | — 477 |
| | 4. | 32,635 | 75,912 | 515 | 19,5 | 14,2 | 24,7 | 10,50 | 490,3 | 0,049815 | — 339 |
| | 5. | 32,635 | 76,322 | 512 | 19,5 | 14,1 | 24,55 | 10,45 | 487,45 | 0,050235 | — 019 |
| | | | | 512,4 | | | | | | 0,050254 | |

Digitized by Google

| | | M. d. Sb. | M. d. Gl. | C. d. Gl. | W. W. | T | tu | ta | tm | tm cor | tm ta | Tm - tm | C | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 500° | 1. | 32,160 | 11,007 | 0,19 | 137,050 | 500 | 20,1 | 13,21 | 27,22 | 27,31 | 14,02 | 472,77 | 0,050100 | 0,000 |
| | 2. | 32,125 | 11,230 | 0,19 | 129,470 | 500 | 20,2 | 13,55 | 27,21 | 27,28 | 13,73 | 472,72 | 0,050630 | − 396 + 134 |
| | 3. | 32,125 | 11,230 | 0,19 | 128,330 | 500 | 20,2 | 11,90 | 25,73 | 25,80 | 13,90 | 474,20 | 0,050680 | + 184 |
| | 4. | 32,125 | 11,230 | 0,19 | 130,88 | 500 | 20,2 | 12,50 | 26,07 | 26,16 | 13,66 | 473,84 | 0,050530 | + 034 |
| | 5. | 32,125 | 11,230 | 0,19 | 129,98 | 500 | 20,2 | 13,20 | 26,90 | 26,98 | 13,78 | 473,02 | 0,050540 | + 044 |
| | | | | | | 500 | | | | | | | 0,050496 | |

| | | M. d. Sb. | M. d. Gl. | C. d. Gl. | W. W. | T. | tu | ta | tm | tm cor | tm ta | T - tm | C | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 550° | 1. | 32,125 | 11,230 | 0,19 | 133,70 | 550 | 23,2 | 10,80 | 25,44 | 25,55 | 14,75 | 524,45 | 0,050630 | 0,000 |
| | 2. | 32,125 | 11,230 | 0,19 | 134,393 | 550 | 23,2 | 13,50 | 27,88 | 28,10 | 14,60 | 521,90 | 0,050610 | + 018 − 007 |
| | 3. | 32,125 | 11,230 | 0,19 | 134,950 | 550 | 23,2 | 10,00 | 24,55 | 24,64 | 14,64 | 525,36 | 0,050642 | + 025 |
| | 4. | 32,125 | 11,230 | 0,19 | 133,05 | 550 | 22,4 | 11,30 | 25,99 | 26,10 | 14,80 | 523,9 | 0,050580 | − 037 |
| | 5. | 32,125 | 11,230 | 0,19 | 130,96 | 550 | 22,4 | 11,46 | 26,37 | 26,49 | 15,03 | 523,51 | 0,050624 | + 007 |
| | | | | | | 550 | | | | | | | 0,050617 | |

| | | M. d. Sb. | M. d. Gl. | C. d. Gl. | W. W. | T. | tu | ta | tm | tm cor | tm ta | T - tm | C | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 600° | 1. | 32,067 | 9,614 | 0,19 | 129,51 | 600 | 21,2 | 11,25 | 26,41 | 26,54 | 15,29 | 573,46 | 0,050710 | 0,000 |
| | 2. | 32,067 | 9,614 | 0,19 | 129,56 | 600 | 21,2 | 11,70 | 26,85 | 26,97 | 15,27 | 573,03 | 0,050693 | − 014 − 031 |
| | 3. | 32,067 | 9,614 | 0,19 | 136,206 | 600 | 21,2 | 10,80 | 25,93 | 26,07 | 15,27 | 573,93 | 0,050735 | + 011 |
| | 4. | 32,052 | 10,35 | 0,19 | 126,49 | 600 | 21 | 11,20 | 27,35 | 27,46 | 16,26 | 572,54 | 0,050752 | + 028 |
| | 5. | 32,052 | 10,35 | 0,19 | 130,53 | 600 | 21,3 | 11,32 | 26,95 | 27,08 | 15,76 | 572,92 | 0,050743 | + 019 |
| | | | | | | 600 | | | | | | | 0,050724 | |

| | | M. d. Sb. | M. d. Gl. | C. d. Gl. | W. W. | T. | tu | ta | tm | tm cor | tm ta | T - tm | C | △ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 625° | 1. | 32,052 | 10,35 | 0,19 | 135,005 | 625 | 20,80 | 11,20 | 26,99 | 27,10 | 15,90 | 597,90 | 0,050821 | 0,000 |
| | 2. | 32,052 | 10,35 | 0,19 | 132,01 | 625 | 20,80 | 11,42 | 27,49 | 27,62 | 16,20 | 597,38 | 0,050794 | − 013 − 040 |
| | 3. | 31,990 | 9,52 | 0,19 | 128,86 | 625 | 20,20 | 11,23 | 26,99 | 27,12 | 15,89 | 597,88 | 0,050852 | + 018 |
| | 4. | 31,990 | 9,52 | 0,19 | 120,85 | 625 | 20,40 | 11,32 | 28,32 | 28,43 | 17,11 | 596,57 | 0,050813 | − 021 |
| | 5. | 31,990 | 9,52 | 0,19 | 124,83 | 625 | 20,40 | 11,45 | 27,76 | 27,89 | 16,44 | 597,11 | 0,050890 | + 056 |
| | | | | | | 625 | | | | | | | 0,050834 | |

Digitized by Google

## Schlussfolgerung.

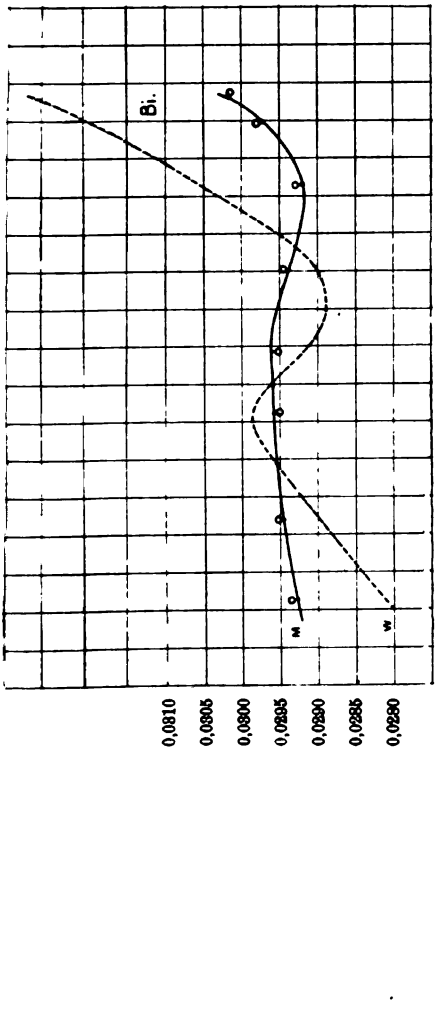
Die im Vorhergehenden gefundenen Gleichungen für die wahre spezifische Wärme des Antimons und Wismuts lassen sich durch die am Ende der Ausführung befindlichen Kurven veranschaulichen. Es enthalten die Abszissen die jeweiligen Temperaturen, auf den Ordinaten sind die spezifischen Wärmen abgetragen. Für beide Kurven ist derselbe Masstab gewählt worden. Die bezeichneten Punkte wurden durch Einsetzen der Werte für die Temperaturen in die Gleichung der wahren spezifischen Wärme erhalten, die o in dieser Art kenntlich gemachten sind durch die Versuche gefunden und zur Kontrolle in die Kurve der wahren spezifischen Wärme eingezeichnet.

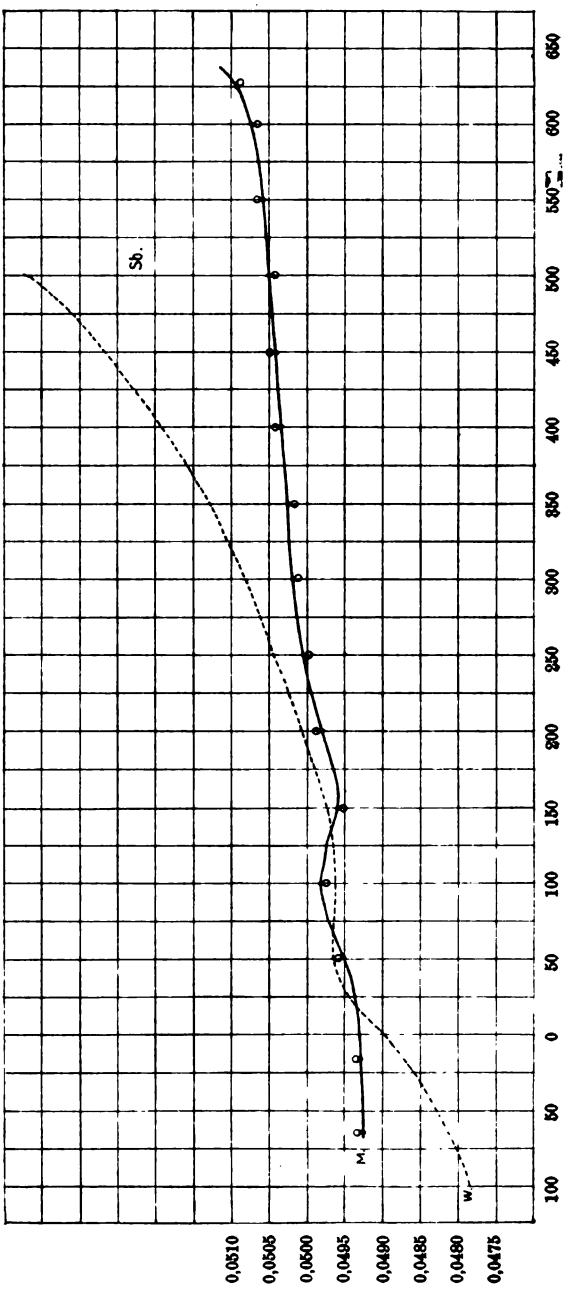
Der Verlauf der Antimon-Kurve lässt sich folgendermassen charakterisieren. Von — 70 Grad bis 100 Grad steigt die Kurve fast gradlinig, um bei 100 Grad ein Maximum zu erreichen, was auch durch die Differentiation der oben angeführten Kurvengleichung sich ergibt. Von 100 bis 150 Grad sinkt sie und erreicht in 150 Grad einen Wendepunkt, um dann bis 600 Grad beständig zu steigen. Nach dem Schmelzpunkt hin ist ihre Krümmung bedeutend.

Was die Wismut-Kurve betrifft, so verläuft sie von — 70 bis + 100 Grad schwach aufsteigend. Sie erreicht kurz vor 100 Grad gleichfalls ein Maximum und bei 150 Grad (ein Minimum) wiederum einen Wendepunkt. Von zirka 240 Grad an ist die Kurve stark nach oben gekrümmt.

Zur Erklärung dieses Verlaufes und besonders des auffälligen Maximums bei 100 Grad könnte man bei beiden Körpern annehmen, dass es sich hier um einen Übergangspunkt von einer Modifikation zur andern handelt. Wenn man z. B. annimmt, dass das Antimon (resp. Wismut) in zwei Modifikationen existiert, etwa *Sb A* und *Sb B*, die eine gewisse Umwandlungstemperatur zeigen und ferner die sehr wahrscheinliche Annahme macht, dass die bei höheren Temperaturen stabile Modifikation *Sb B* sich unter Wärmeaufnahme aus der Modifikation *A* bildet, so ergibt sich folgendes Bild für die Kurve der spezifischen Wärme. Bei niederer Temperatur linearer Verlauf. Beim Umwandlungsintervall muss die zur Umwandlung nötige Energie geliefert werden, daher Anstieg der spezifischen Wärmekurve. Sowie die Hauptmenge umgewandelt ist, nimmt das System dann immer mehr die spezifische Wärme von *Sb B* an, die gleich jener von *Sb A* sein muss, nur für die höheren Temperaturen mit Berücksichtigung eines kleinen Temperaturkoeffizienten. Die Kurve muss dann also ähnliche Form haben, wie jene eines sich nicht umwandelnden Körpers und beim Umwandlungspunkt mit einer lokalen Erhöhung verbunden sein.

Digitized by Google




Digitized by Google

Einen ähnlichen Vorgang konstatierte Pionchon bei seinen Untersuchungen über die spezifische Wärme des Eisens. Er fand dabei nachstehende Werte:

| Temperatur | $C$ = mittlere spezifische Wärme |
|---|---|
| 500° | 0,17645 |
| 700° | 0,32431 |
| 720° — 1000° | 0,21800 |
| 1000° — 1200° | 0,198870 |

Das Maximum der Kurve liegt bei 700 Grad.

Vergleichen wir die von mir erhaltenen Kurven weiterhin mit solchen der spezifischen Wärmen anderer Elemente, so lassen sich bei ihnen zwei verschiedene Gruppen unterscheiden. 1. Kurven mit rasch aufsteigendem Verlauf. 2. Kurven, die anfangs fast gradlinig sind und erst bei höheren Temperaturen, besonders in der Nähe des Schmelzpunktes, ein erhebliches Ansteigen zeigen. Wir sehen, dass die Kurven des Wismuts und Antimons zur zweiten Gruppe gehören. Vergleichen wir zum Schlusse die Resultate meiner Untersuchungen mit denen in der Einleitung, so bemerken wir, dass sie im allgemeinen mit dem dort angegebenen Material übereinstimmen.

Digitized by Google

# Untersuchungen über das Photochemische Klima des Berninahospizes.

Von

E. Rübel.

## Einleitung.

„Wenn man erwägt, einen wie grossen Einfluss die Intensität des Lichtes auf das Wachstum und Gedeihen der Pflanzen- und der Tierwelt ausübt, ein Einfluss, der sich auch in hohem Grade auf das Wohl und Wehe des Menschen erstreckt, so kann man nur lebhaft wünschen, dass die photochemischen Messungen eine grössere Verbreitung als bisher finden möchten."

Dies schreibt Stelling im Jahre 1878 in seiner Arbeit: Photochemische Beobachtungen der Intensität des gesamten Tageslichtes in St. Petersburg [1]). Aber es vergingen 16 Jahre, bis überhaupt wieder eine Arbeit auf diesem Gebiete erschien, d. i. Wiesners Photochemische Klima von Wien. Das lag wohl hauptsächlich in der Schwierigkeit der Messung. Es fehlte an einer geeigneten Messmethode. Man begnügte sich mit den Bezeichnungen von mehr oder weniger hell oder dunkel. Seit Wiesner die photometrische Methode von Bunsen und Roscoe vereinfacht hat, liegt uns in dieser eine leicht anwendbare und gute Resultate liefernde Methode vor. Da für die Alpen, ausser einigen Zahlen von Weinzierl [2]) von der Sandlingalpe, noch keine Resultate von Lichtmessungen vorhanden sind, erschien es mir wichtig, auf dieses Kapitel näher einzutreten und in erster Linie das photochemische Klima des Berninahospizes zu studieren. Dieses mag dann zur Grundlage dienen zu eventuellen späteren Lichtgenuss-Studien im Sinne Wiesners [3]).

Die Methode beruht auf der Schwärzung von Chlorsilber durch das Licht, misst also eigentlich bloss die Intensitäten der chemisch

[1]) Stelling, S. 23.
[2]) Weinzierl 1902 S. 220—224.
[3]) Sitzungsberichte Bd. 102, 104, 109, 113, 114.

Digitized by Google

wirksamen oder aktinischen Strahlen, während für die Pflanzen alle Strahlen in Betracht kommen. Daher wird der Methode vorgeworfen, dass sie nichts aussage über die wirklich auf die Pflanzen wirkenden Intensitäten.

Gehen wir zu einer Diskussion dieser Fehlerquellen über. Auf den Gestaltungsprozess der Pflanzen wirken hauptsächlich die stark brechbaren Strahlen ein, diese werden durch die photometrische Methode gemessen, also sind die Resultate für die Fragen der Pflanzengestaltung zu gebrauchen. Die Kohlensäureassimilation hingegen bedingen grossenteils die schwach brechbaren Strahlen. Aber nach der Assimilationskurve von Engelmann [1]) besteht neben dem Maximum im roten Teile des Spektrums noch ein zweites kleineres Maximum im blau bei einer Wellenlänge von 480 $\mu$. Es gelang auch Timiriazeff [2]) bei Benutzung von direktem Sonnenlicht folgender Nachweis. Setzte er die Menge Kohlensäure, welche durch die Strahlen der gelben Hälfte des Spektrums reduziert wurde gleich 100, so war die Wirkung der blauen Hälfte gleich 54, also ein Drittel der reduzierten Kohlensäure kommt auf Rechnung von stärker brechbaren Strahlen. Stahl [3]) fand, dass, wenn man die Pflanzen statt direktem Sonnenlicht blauem Himmelslicht aussetzt, sich die Wirkung der beiden Spektrumhälften gleich stark äussert. Es folgt, dass auf jeden Fall die chemischen Strahlen bei der Kohlensäurezersetzung nicht bedeutungslos sind, ihre Bestimmung ist also auch hiefür von Interesse. Von den beiden im Chlorophyll enthaltenen Farbstoffen ist nach Stahl (l. c.) u. a. der gelbe, auf die Ausnützung der stark brechbaren Strahlen abgestimmt. Das Tageslicht erleidet auch eine Veränderung beim Durchgang durch pflanzliche Medien, was eine Fehlerquelle ergibt beim messen des Lichtes unter Bäumen usw. Wiesner hat aber gezeigt [4]), dass das durch Absorption und Reflexion veränderte Licht bloss einen verschwindenden Anteil des diffusen Lichtes unter Bäumen bildet und erst wahrnehmbar wird, wenn die Lichtintensität im Baumschatten auf $^1/_{80}$ des Tageslichtes fällt.

Von grosser Wichtigkeit für die Brauchbarkeit unserer Methode sind die Untersuchungen von Prof. Leonhard Weber [5]) in Kiel. Er misst die Helligkeiten für bestimmte einzelne Wellenlängen, nämlich ein Grün von 541,5 $\mu$ Wellenlänge und ein Rot von 630,5 $\mu$ Wellen-

[1]) Bot. Ztg. 1883; 84.

[2]) Proc. Roy. Soc. 72, 1903.

[3]) Stahl, Laubfarbe und Himmelslicht. Nat.-wiss. Wochenschrift 1906 Nr. 19. Stahl verweist auf eine demnächst zu erscheinende grössere Abhandlung über Chlorophyllbiologie.

[4]) Wiesner 1895 S. 8—13.

[5]) Weber, Nat. Verein f. Schleswig-Holstein 1893 Bd. 10, Bd. 11., Bd. 13.

Digitized by Google

länge. Er gelangt durch vergleichende Versuche zu dem Resultat, dass eine ziemlich vollständige Proportionalität zwischen der Intensität der aktinischen und der roten Strahlen besteht.

Aus all diesen Studien geht also zur Genüge hervor, dass die photometrische Methode in weitem Umfang brauchbar ist. [1]).

Es werden in dieser Arbeit also immer nur die stark brechbaren Strahlen berücksichtigt und verglichen.

---

## I. Abschnitt.

## Geschichtliches und Methodisches.

### 1. Kapitel.

### Kurzer geschichtlicher Überblick über Messungen und Messmethoden der chemischen Lichtintensität.

Vor allem musste ein Apparat erfunden werden, der genaue Messungen gestattet und zugleich leicht zu handhaben ist. Ohne letzteres war an eine ausgiebige Untersuchung der Lichtintensitäten der verschiedenen Gebiete der Erde nicht zu denken. Dem Mangel eines solchen Apparates ist es wohl auch hauptsächlich zuzuschreiben, dass die Erde in dieser Hinsicht so wenig erforscht ist, während wir über die Wärmeverteilung gut orientiert sind, für deren Messung man das bequeme Thermometer hat.

Einen ersten Versuch zur Messung der chemischen Lichtintensität veröffentlichte Draper 1843.[2]) Sein Apparat, das Tithonometer (er nannte die chemischen Strahlen „tithonic rays") beruht auf dem Prinzip der Verbindung von Chlor und Wasserstoff zu Salzsäure durch Lichtwirkung. Er gewann aber keine genauen Angaben. 1854—57 arbeiteten Bunsen und Roscoe diese Methode aus und gewannen einen brauchbaren Apparat, den sie Chlorknallgas-Photometer[3]) nannten.

Zu erwähnen ist dann Becquerels elektrochemisches Actinometer[4]) und 1868 Vogels chemisches Photometer[5]).

---

[1]) Siehe auch besonders in Wiesners neustem photometrischem Werk: Der Lichtgenuss der Pflanzen, Leipzig 1907.

[2]) Phil. Mag. Bd. XXIII. 3. Serie, S. 401—415.

[3]) Roy. Inst. Proc. Vol. II; Vol. III. Phil.-Trans. 1857. Pogg. Ann. 1855, Bd. 96, S. 373—94; 1857 Bd. 100, S. 43—88; id. S. 481—516; Bd. 101, S. 235—263; 1859 Bd. 108, S. 193—273.

[4]) E. Becquerel, la lumière, T. II. S. 121.

[5]) Pogg. Ann. 1868, Bd. 134, S. 146.



Digitized by Google

1869 folgte Marchand zu Fécamp mit seinem Photantitypimeter [1]). Er bestimmt die Kohlensäure, die sich durch Einwirkung des Lichts aus einem Gemisch von Eisenchlorid und Oxalsäure entwickelt.

Einen ähnlichen Apparat verwandte Vallot [2]) zu calorimetrischen Messungen am Mont Blanc.

Diese Apparate befriedigen aber alle nicht. Bunsen und Roscoe schlugen dann einen andern Weg ein nach dem Prinzip der Schwärzung von photographischem Papier durch Licht. Nachdem Jordan und später Hunt, Herschel, Claudet, Hartig u. a. vergebens gesucht hatten, nach diesem Prinzip vergleichbare Masse zu erhalten, gelang es Bunsen und Roscoe 1862 [3]) ein gleichmässig lichtempfindliches Papier herzustellen. Sie schafften sich eine Einheit und erfanden einen Apparat, das Pendelphotometer, in welchem die am Licht erhaltenen Schwärzungen durch Vergleich auf die Einheit zurückgeführt wurden. Die Handhabung dieses Apparates war aber noch sehr kompliziert; man konnte nur bei ruhiger Luft beobachten, man brauchte zur Ablesung eine Dunkelkammer usw. Bunsen und Roscoe verbesserten und vereinfachten später [4]) ihren Apparat, auch Stelling in St. Petersburg brachte eine Vereinfachung an, aber der Apparat blieb immer unhandlich und zu schwer zum transportieren, um Verbreitung zu finden. Nach Stellings Beobachtungen von 1878 ruhte die ganze Messung von chemischer Lichtintensität, bis Wiesner in den 90er Jahren unter Anwendung der Bunsen-Roscoe-Einheit eine einfache Methode ausarbeitete, welche photoklimatische und pflanzenphysiologische Messungen gestattet, bei leicht transportablem Apparat.

Einen ähnlichen Apparat hat seit 1900 F. E. Clements [5]) in Gebrauch.

Sehr wünschenswert wäre ein selbstregistrierendes Instrument, das in bestimmten Intervallen beobachtet. Roscoe beschreibt ein solches 1874 [6]), aber nirgends finde ich Angaben darüber, ob es sich bewährt hat und ob es überhaupt benutzt worden ist. Clements gibt am angegebenen Ort an, dass er einen Selagraph, wie er da selbstregistrierende Photometer nennt, in Konstruktion habe.

Einen Apparat zum Bestimmen von Lichtsummen beschreibt Steenstrup [7]). Verschieden lange Pauspapierstreifen werden aufeinander

---

[1]) Marchand, Etude sur la force chimique contenue dans la lumière du soleil. Paris, Gauthier-Villars.

[2]) Vallot, Ann. de l'observ. météor., phys. et glac. du Mont Blanc. T. III. S. 81–96.

[3]) Pogg. Ann. 1862, Bd. 117, S. 529—562.

[4]) Pogg. Ann. 1865, Bd. 124, S. 353—390; 1874 Bd. 151, S. 268—285.

[5]) Research methods in ecology, S. 48.

[6]) Pogg. Ann. Bd. 151, S. 268—285; Roy. Soc. Proc. XXII.

[7]) Om Bestemmelsen af Lysstyrken og Lysmaengden. Meddelelser om Gronland. Kjöben havn 1902. franz. Résumé, S. 243—245.

Digitized by Google

gelegt, so dass alle am selben Ort beginnen, aber an verschiedenen Stellen enden. Dadurch entstehen verschieden dicke Lagen Papier, durch welche das Licht auf drunter gelegtes empfindliches Papier trifft. Auf dem Pauspapier befinden sich Tuschmarkierungen, die sich auf dem Photographiepapier bei Belichtung abbilden. Die Anzahl der vom Licht in gegebener Zeit durchdrungenen Pauspapierlagen lässt sich auf dem Photographiepapier ablesen und gibt ein Mass für die Lichtsumme. Einen ganz ähnlichen Apparat hat auch schon Hartig früher verwendet.

Bevor ich zur Beschreibung der Wiesnerschen von mir angewandten Methode gehe, will ich eine Übersicht geben über die bis jetzt publizierten lichtklimatischen Messungen.

Es beobachteten:

Roscoe[1]) auf dem Dach von Owens College in Manchester vom 26. Aug. 1863—27. Sept. 1864 an einigen 40 Tagen, wovon er 35 publiziert; und zum Vergleich an einem Tag in Dingwall (Schottland) und in Heidelberg.

Roscoe und Baxendell[2]) 16 mal an 6 einzelnen Tagen zwischen 6. Okt. und 21. Nov. 1865 wiederum in Owens College Manchester und 63 mal auf Cheetham Hill bei Manchester.

Wolkoff[3]) 99 mal im Sommer 1864 auf dem Königstuhl bei Heidelberg, von Bunsen veranlasst, die Resultate Roscoe zur Publikation übergebend.

Baker[4]) in Kew, von Roscoe veranlasst, fast täglich von April 1865—März 1867 zu den Zeiten der übrigen meteorologischen Ablesungen $9^h$ 30 a. m., $2^h$ 30, $4^h$ 30 p. m.

Thorpe[4]) auf Roscoes Veranlassung in Parà (Brasilien) zwischen dem 4. und 26. April 1866.

Kapitän Herschel[5]) für Roscoe 1868 in Indien bei einer Sonnenfinsternis aber bei schlechtem Wetter.

Roscoe und Thorpe[6]) in Quintado Estero Furado, $8\,1/2$ Meilen s. ö. Lissabon, 134 mal an 15 Tagen zwischen dem 5. und 30. Aug. 1867.

Marchand in Fécamp 1869—1872.

Roscoe und Thorpe[7]) in Catania 19.—22. Dez. 1870, bei Anlass einer Sonnenfinsternis.

---

[1]) Pogg. Ann. 1865, Bd. 124; Phil. Trans. Bd. 155.
[2]) Pogg. Ann. 1866, Bd. 128; Roy. Soc. Proc. XV.
[3]) Pogg. Ann. Bd. 128; Roy. Soc. Proc. XV.
[4]) Pogg. Ann. Bd. 132; Phil. Trans. Bd. 157.
[5]) Manch. Lit. Phil. Soc. Mem. IV.
[6]) Pogg. Ann. Erg.-Bd. 5; Phil. Trans. Bd. 160.
[7]) Phil. Trans. Bd. 161.

Digitized by Google

Stelling[1]) in St. Petersburg, Nov. 1874—Juli 1875, täglich um $1^h$.
Weber[2]) in Breslau, diffuses Licht, im Dez. 84, Jan., Juni und Juli 85.
Weber[3]) in Kiel, 1890—1905.
Wiesner[4]) mit Krasser und Linsbauer in Wien von Juni 1893 bis Dez. 1894.
Wiesner[4]) mit Figdor in Buitenzorg auf Java an 64 Tagen zwischen Nov. 1893 und März 1894.
Wiesner[4]) in Cairo an 10 Tagen im Februar und März 1894.
Wiesner[5]) im arktischen Gebiet vom 28. Juli — 29. August 1897.
J. Vallot[6]) nach der Methode Duclaux in Chamonix bei 1095 m und in Montanvert bei 1925 m zwischen Mitte August und Ende September 1897.
Weinzierl[7]) auf der Sandlingalpe häufig in den Sommern 1893—99.
Hesselman[8]) auf der Insel Skabbholmen einige Zahlen aus den Sommern 1899, 1900, 1901.
P. Franz Schwab[9]) in Kremsmünster in Ober-Österreich 1897—1902.
Wiesner[10]) mit v. Portheim und Strakosch in Amerika, hauptsächlich im Yellowstonegebiet 11. Aug. — 9. Sept. 1904.
Stebler und Volkart[11]) in Zürich einige Tage des Sommers 1904.[12])

## 2. Kapitel.

### Methode der Beobachtung.

Die Methode, welche ich anwandte, ist diejenige von Bunsen und Roscoe, die von Wiesner bedeutend vereinfacht wurde. Das Prinzip davon ist, die chemische Lichtintensität durch Schwärzung von lichtempfindlichem Chlorsilberpapier zu messen. Bunsen und Roscoe hatten gefunden, dass innerhalb weiter Grenzen gleichen Produkten aus Beleuchtungsdauer und chemischer Lichtintensität gleiche Schwärzungen ihres Papieres entsprachen.

---

[1]) Repert. der Meteorologie T. VI. Nr. 6.
[2]) Meteor. Zeitschr. 1885.
[3]) Schr. d. nat. Verein f. Schleswig-Holstein, Bd. 10.
[4]) Denkschr. Bd. 64.
[5]) Denkschr. Bd. 67.
[6]) Ann. d. l'obs. du Mont Blanc, T. III.
[7]) Zeitschr. f. d. Landwirtsch. Versuchswesen in Österr. Wien 1902.
[8]) Beihefte z. bot. Centralblatt, Bd. 17, S. 368, Jena1904.
[9]) Denkschr. Bd. 74.
[10]) Denkschr. Bd. 80.
[11]) Beiträge zur Kenntnis der Matten und Weiden der Schweiz. XV. Schweiz. landwirtsch. Jahrbuch 1905.
[12]) Hier sind nur die lichtklimatischen Messungen berücksichtigt; physiologische sind in neuerer Zeit noch von verschiedenen gemacht worden.

Digitized by Google

Um vergleichbare Resultate zu erhalten, schufen sie einen Normalton, ein Normalpapier und eine Einheit. Den Normalton erhielten sie auf folgende Weise: Ein Teil bei Luftabschluss geglühter Lampenruss wird mit 1000 Teilen Zinkoxyd gemischt. Es resultiert ein lichtes Taubengrau. Die Herstellung dieses innigen Gemenges begegnet bedeutenden Schwierigkeiten, auf die ich nicht eintreten will, da Wiesner[1]) sie genau beschreibt.

Das Normalpapier[2]) erhält man auf folgende Art: Das Papier wird während 3 Minuten in einer 3%igen, chemisch reinen Kochsalzlösung gebadet und zum Trocknen aufgehängt. Das so gesalzene Papier ist haltbar. Vor dem Gebrauch wird das Papier gesilbert, indem man es 2 Minuten lang auf einer 12%igen Silbernitratlösung schwimmen lässt und zum Trocknen aufhängt. Das Silbern kann bei Kerzenlicht vorgenommen werden, das länger andauernde Trocknen hingegen muss in dunklem Raum geschehen.

Wiesner benutzt Rives 8 Kilo Papier, jedoch kann auch jedes andere gute Papier verwendet werden; Bunsen und Roscoe zeigten, dass die Dicke des Papieres nicht in Betracht kommt, aber bei zu dünnem ist zur Beseitigung der Diaphanität eine weisse Unterlage nötig. Die Kochsalzlösung muss stets 3%ig sein, ein anderer Gehalt verändert die Resultate, die Lösung behält aber beim Gebrauch die gleiche Konzentration bei. Die Silbernitratlösung darf 8–12% $AgNO_3$ enthalten, von einer 12%igen kann man $^2/_3$ verbrauchen, bevor sie unter 8% sinkt. Die Einwirkungsdauer fanden Bunsen und Roscoe zwischen $^1/_4$ und 8 Minuten ohne Einfluss auf die Empfindlichkeit.

Dieses Normalpapier hat den schweren Nachteil, dass es nur 16—20 Stunden bei unveränderter Empfindlichkeit bleibt und nachher rasch abnimmt, es muss also jeden Tag frisch bereitet werden.

Bei hohen Lichtintensitäten ist die Zeit zur Schwärzung des Normalpapieres bis zur Farbe des Normaltones eine zu geringe, um genau gemessen zu werden. Für diese Fälle hat Wiesner empirisch einen Ton hergestellt, der in der 10fachen Zeit erreicht wird.

Die Beobachtungen werden mit dem Wiesnerschen Handinsolator gemacht. Dieser besteht aus einem schwarzen Brettchen von zirka 10 cm Länge, zirka 8 cm Breite und zirka $^1/_2$ cm Dicke. Das Brettchen ist mit schwarzem Papier in der Weise überzogen, dass man von einer Seite, wie es etwa bei Photographierahmen der Fall ist, Papier einführen kann. Quer hinüber zieht sich ein Schlitz, in welchem die Exposition stattfindet. Normalton- und Zehnertonstreifen werden

[1]) Wiesner, I. 1896, S. 12.
[2]) Bunsen und Roscoe, Pogg. Ann. 117, S. 552.

Digitized by Google

zwischen Brettchen und Papier eingeführt und zwischen diese beiden ein Streifen Normalpapier; siehe Fig. 1.

Damit ist der Insolator zum Gebrauche bereit. Will man beobachten, so hält man den Insolator horizontal möglichst weit vom eigenen Körper weg und nicht zu tief, damit nicht ein beträchtlicher Teil des Lichtes abgehalten werde. Mit einiger Übung kommt man bald dazu, den Insolator so zu halten, dass der Fehler, der durch das Abhalten von Licht durch den eigenen Körper weit innerhalb der Fehlergrenzen der Methode bleibt.

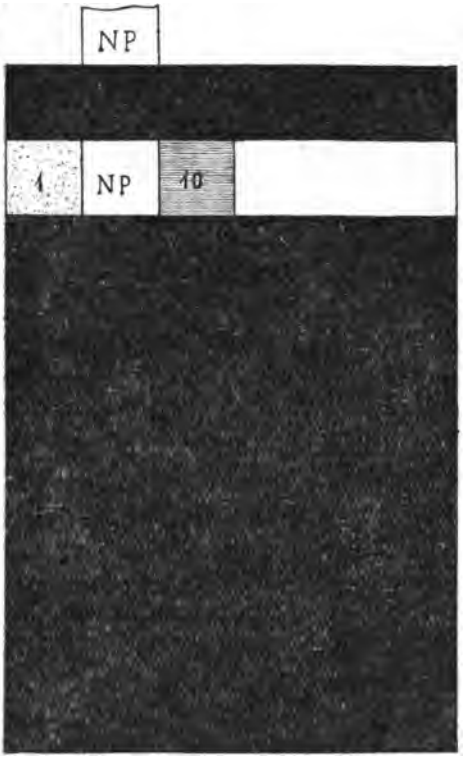


Fig. 1. Wiesnerscher Handinsolator.

Im Moment, in dem man das dunkel gehaltene Normalpapier beim Schlitz dem Lichte aussetzt, setzt man einen Chronographen in Gang, der die Zeit in Fünftelssekunden anzeigt. Im Moment, in dem das Normalpapier den Normalton erreicht hat, d. h. in dem man gar keinen Unterschied zwischen Normalpapier und Normalton sehen kann, arretiert man den Chronographen, an welchem man nun die Zeit auf Fünftelssekunden genau ablesen kann. Ist die Zeit zur Erreichung des Normaltones zu kurz, um genau gemessen zu werden, so fährt man mit Beobachten einfach fort bis der Zehnerton erreicht ist. Hat man keinen Chronographen, so zähle man die Schläge der Taschenuhr, da das Ticken auch in Fünftelssekunden geschieht.

Die Genauigkeit der Zeitmessung ist also eine Fünftelssekunde. Ist nun die Einwirkungsdauer 1 Sekunde, so ist der maximale Zeitfehler 20 %, wartet man da aber bis zur Erreichung des Zehnertons, so ist der Fehler nur noch 2 %; bei 4″ Belichtungsdauer ist der Fehler einerseits 5 %, anderseits 0,5 %. Diese 0,5 % bei 40″ werden aber dadurch erhöht, dass das menschliche Auge bei dieser langsamen Farbenveränderung nicht mehr auf die Fünftelssekunde den Moment

Digitized by Google

der Gleichfarbigkeit bestimmen kann. Man wird gut tun, bei hohen Lichtintensitäten den Zehnerton zu benutzen und den Normalton erst, wenn die Belichtungsdauer 4" erreicht.

Den Fehler der Methode, wie auch derjenigen von Stelling hat Wiesner zu ± 5% berechnet. Das Erkennen des Moments der Übereinstimmung der Farbe des Normalpapiers und Normaltones erfordert einige Übung, leichter ist es bei monochromatischem Licht. Zu diesem Zweck legt man zur Ablesung ein möglichst monochromatisches gelbes Glas über die Töne. Ist die Schwärzung noch nicht erreicht, so belichtet man weiter, unter Subtraktion der Zeit, die man bedeckt gehalten hatte.

Ein schwerer Übelstand des Normalpapiers ist seine geringe Dauerhaftigkeit. Käufliche photographische Papiere lassen sich finden, die lange Zeit die gleiche Empfindlichkeit behalten, aber nicht diejenige des Normalpapieres. Dies kann jedoch durch einführen eines Faktors umgerechnet werden. Die Papiere innerhalb eines Paketes hat Wiesner immer gleich empfindlich gefunden, was ich auch bestätigen kann, jedoch nicht gleich wie ein neues Paket derselben Marke, so dass der Reduktionsfaktor für jedes Paket bestimmt werden muss. Wiesner wendet für relative Messungen das Papier „Celluloid Vindobona" an, von dem er angibt, dass es fast genau mit Normalpapier übereinstimmt. Ich liess mir ein Paket dieses Papieres von Wien kommen; dies war aber wesentlich weniger empfindlich als Normalpapier. Eine andere Schwierigkeit machen diese Papiere noch beim Vergleich mit dem Normalton. Ihre Schwärzungen haben so stark rötliche, bräunliche, violette Töne, dass der Vergleich mit dem Normalton trotz des gelben Glases schwer wird. Es ist schwer, ein genügend monochromatisches gelbes Glas zu finden [1]).

Die Hebung dieses Übelstandes gelang mir durch Anwendung von „Wynnes Infallible Exposuremeter", nach dem Vorgang von Stebler und Volkart. Dieser für photographische Zwecke hergestellte Apparat hat mir für Lichtmessungen vorzügliche Dienste geleistet. Der Apparat hat die Form einer Taschenuhr. Die hintere Schale ist drehbar. Durch eine daran befestigte Feder drückt sie ein Wolltuch, vor welchem eine runde Scheibe lichtempfindliches Papier liegt, an eine vordere Metallplatte. In dieser ist ein kleiner Ausschnitt, durch welchen das lichtempfindliche Papier auf der Oberseite dem Licht ausgesetzt wird. Links und rechts dieses kleinen Schlitzes sind konstante Farbtöne. Das ganze ist mit einem Glas bedeckt. Beim drehen der hintern

[1]) Über die Hebung diverser Übelstände durch andere Papiere siehe in Wiesners Lichtgenuss der Pflanzen, Leipzig 1907.

Digitized by Google

Metallplatte wird das Papier mitgedreht, so dass immer neue Partien vor den Schlitz gebracht werden, so dass man mit einem Papierscheibchen ca. 20—30 Belichtungen machen kann. Das Papier hat einen hellgelben Ton, der bei Belichtung durch intensiv grüne Farben durchgeht bis zu schwarz. Die konstanten Töne sind ein tiefes Grün und ein helles Gelbgrün, das genau im vierten Teil der Zeit jenes tiefen Grüns erreicht wird. Der Durchgang durch diesen grünen Ton ist für das Auge viel leichter und schärfer zu beobachten als die grauen Töne. Auch bei diesem erwiesen sich die Papierscheiben eines Paketes untereinander gleich lichtempfindlich, aber verschieden in verschiedenen Paketen. Dieses Papier ist sehr haltbar, wie ich durch immer wiederholtes Vergleichen mit Normalpapier feststellen konnte. Die Zeitdauer der nötigen Belichtung liegt zwischen Normalton und Zehnerton. Mit diesem Papier habe ich den grössten Teil meiner Messungen angestellt unter Anwendung sehr häufiger Parallelmessungen mit Normalpapier. Ausserdem wurde jedes Papierscheibchen vor und nach Gebrauch mit Normalpapier [1]) kontrolliert, so dass die Resultate auf dieselbe Genauigkeit Anspruch machen können, wie die mit Normalpapier ausgeführten. Dass das Papier durch Glas geschützt ist, hat den Vorteil, dass man auch bei Regen und Schnee gut beobachten kann. Allerdings kann das Glas auch zur Fehlerquelle werden, indem es Strahlen absorbiert, die dann nicht zur Wirkung auf das Papier kommen. Meine darüber angestellten Versuche haben ergeben, dass tatsächlich eine Abschwächung der Intensität eintritt, dass diese aber so gering ist, dass sie weit innerhalb der Fehlergrenzen der Methode bleibt und daher nicht in Betracht gezogen werden muss.

## 3. Kapitel.

## Das Tageslicht.

Ebensowenig wie der Gang der täglichen und jährlichen Temperatur aus dem Sonnenstand ausgerechnet werden kann, vermag man auch nicht die Lichtintensitäten der verschiedenen Zonen und Regionen daraus abzuleiten. Dies wäre nur möglich, wenn keine Atmosphäre vorhanden wäre, dann unterläge die Erde dem solaren Klima. Die Atmosphäre schafft das wirklich vorhandene Klima, das empirisch durch Messungen bestimmt werden muss.

Das Sonnenlicht wird durch die Atmosphäre verändert; nur ein Teil erreicht die Erdoberfläche als eigentliches Sonnenlicht, es ist

[1]) Normal- und Zehnerton verdanke ich Herrn Hofrat Wiesner.

Digitized by Google

dies das „direkte Sonnenlicht". Ein grosser Teil wird zerstreut und erreicht die Erde als „diffuses Licht". Das direkte Licht wirkt also nur wo und während die Sonne scheint, das diffuse aber überall und jederzeit, wo überhaupt Helligkeit herrscht. Im Schatten haben wir nur diffuses Licht, in der Sonne kommt das direkte noch hinzu, wir haben da das Gesamtlicht oder, wie es Wiesner auch nennt: das gemischte Sonnenlicht. Dieses Gesamtlicht eines Ortes misst man, wenn man den Apparat in der Sonne hält. Zur Beobachtung des diffusen Lichtes muss das direkte Sonnenlicht vom Papier abgehalten werden. Dies machte Wiesner vermittelst eines kleinen schwarzen Kügelchens, das er so aufhing, dass sein Schatten gerade auf die Messtelle fiel. Ich nahm nun einfach den Schatten meines eigenen Kopfes, da ich den Fehler, der durch diesen grossen schattenwerfenden Körper, der noch einen kleinen Teil des diffusen Lichtes wegnimmt, innerhalb der Fehlergrenze der Methode fand. Mit Vergnügen sah ich, als im Mai 1906 Wiesners Beiträge zur Kenntnis des photochemischen Klimas im Yellowstonegebiet erschienen, dass er neuerdings auch diese Methode angewandt hat und deren Gleichwertigkeit mit der Kügelchenmethode dartut.

Die Differenz zwischen dem Gesamtlicht und dem diffusen Licht ist das direkte.

### Lichtintensität.

Die Lichtintensität wird angegeben durch einen Bruch: eins dividiert durch die Anzahl Sekunden, die nötig sind zur Erreichung des Normaltones durch das Normalpapier. 1 bedeutet also, dass in einer Sekunde der Normalton erreicht ist; 0,5 in 2 Sek. usw. Statt nun 1,000 zu schreiben und immer mit den 3 Dezimalen zu rechnen, nehme ich die Einheit, wie Schwab es auch tut, als 1000.

## II. Abschnitt.

## Beobachtungen.

Die Messungen wurden auf dem flachen Dache des Berninahospizes vorgenommen. Das Hospiz liegt in einer geographischen Breite von 46° 24′ 39″ und in einer geographischen Länge von 10° 1′ 29″ östlich von Greenwich und in einer Meereshöhe von 2309 m, das Dach also etwa 2320 m. Der Horizont ist allerdings nicht ganz frei, allein von den Bergen sind die meisten weit genug entfernt, dass sie nicht messbaren Einfluss auf das Resultat haben, einzig der

Digitized by Google

Piz Cambrena bewirkt bei den niedersten Sonnenständen des Winters einen frühen Sonnenuntergang und verkürzt daher bei den ganztägigen Beobachtungen die Dauer des Sonnenscheins.

Die Beobachtungen wurden grösstenteils von mir ausgeführt, ein Teil von meinem Assistenten Josias Braun, der durch viele gemeinschaftliche Beobachtungen in die Methode eingearbeitet war; im Sommer 1907 von der sehr gewissenhaften Telegraphistin.

Für die Bewölkung des Himmels wurden die in der Meteorologie üblichen Zahlen verwandt: 0 vollständig wolkenlos bis 10 vollständig bedeckt. Der Exponent bedeutet: 0 dünne Wolken, 1 dichtere Wolken, 2 ganz dichte Wolken. Die Bezeichnung der Sonnenbedeckung ist folgende (gleich wie bei Wiesner):

$S_0$ Sonne vollständig bedeckt, so dass der Ort, wo sie sich befindet, nicht erkennbar ist.
$S_1$ Sonne nur als heller Schein am Himmel erkennbar.
$S_2$ Sonnenscheibe sichtbar, aber noch keinen Schatten werfend.
$S_3$ Sonne nur durch zarten Schleier verdeckt.
$S_4$ Sonne vollkommen frei erscheinend.

Die Sonnenhöhen habe ich mir selber ausgerechnet nach der Gleichung:

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \, \delta \cos t$$

worin $h$ die Sonnenhöhe
$\varphi$ die geographische Breite
$\delta$ die Sonnendeklination
$t$ der Stundenwinkel

ist. Für jede Stunde rechnete ich von 5 zu 5° Deklination die Werte aus, trug sie in ein Coordinatensystem ein, in welchem die Deklinationen [1]) als Abscissen und die Sonnenhöhen als Ordinaten genommen sind. Man erhält sehr schwach gebogene Kurven. Durch eingehen mit der Deklination in die gross gezeichnete Tabelle erhält man die zugehörige Sonnenhöhe auf 1—2 Minuten genau.

Die Zeit ist überall Ortszeit, nach der Zeitgleichung korrigiert.

Es bedeutet:

$J_g$ die gesamte Lichtintensität
$J_d$ die Intensität des diffusen Lichtes
$J_s$ die Intensität des direkten Sonnenlichtes.

---

[1]) Deklinationstabellen stellte mir Direktor Maurer von der Meteorologischen Zentralanstalt gütigst zur Verfügung.

Digitized by Google

## 4. Kapitel.

### Mittagsbeobachtungen.

| Datum 1905 | | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sept. | 1. 12h | 4 | 1 | 52° 6′ | **850**max | 190 | **660**max |
| | 2. | 3—4 | 2 | 51 45 | 850 | 250 | 600 |
| | 3. | 0 | 10 | 23 | | | |
| | 4. | 1 | 8 | 0 | | | |
| | 5. | 4 | 2 | 50 38 | | | |
| | 6. | 4 | 8 | 16 | | | |
| | 7. | 3—4 | 8 | 49 54 | | | |
| | 8. | 4 | 3 | 32 | | | |
| | 9. | 0 | 8 | 9 | | | |
| | 10. | 4 | 6 | 48 46 | | | |
| | 11. | 4 | 1 | 23 | | | |
| | 12. | 4 | 4 | 1 | | | |
| | 13. | 4 | 3 | 47 38 | | | |
| | 14. | 0 | 9 | 25 | | | |
| | 15. | 3 | 5 | 46 52 | | | |
| | 16. | 4 | 5 | 29 | 850 | 500 | 350 |
| | 17. | 4 | 2 | 6 | | | |
| | 18. | 4 | 1 | 45 43 | 850 | 200 | 650 |
| | 19. | 0 | 10 | 20 | 125 | **125**min | 0 |
| | 20. | 0 | $10^1$ | 44 57 | 167 | 167 | 0 |
| | 21. | 2 | 6 | 34 | 500 | 500 | 0 |
| | 22. | 0 | $9^1$ | 11 | | | |
| | 23. | 0 | $10^2$ | 43 48 | 147 | 147 | 0 |
| | 24. | 0 | $10^1$ | 25 | 360 | 360 | 0 |
| | 25. | 0 | $8^1$ | 43 2 | | | |
| | 26. | 1 | $10^0$ | 42 38 | 500 | 500 | 0 |
| | 27. | 2 | 10 | 14 | 420 | 420 | 0 |
| | 28. | 2 | 7 | 41 51 | 420 | 420 | 0 |
| | 29. | 0 | $8^2$ | 17 | | | |
| | 30. | 3 | 5 | 3 | | | |
| Okt. | 1. | 3 | $6^1$ | 40 40 | 560 | — | — |
| | 2. | 3—4 | $5^0$ | 17 | **740**max | 385 | 355 |
| | 3. | 3 | $9^1$ | 39 54 | 340 | 275 | 65 |
| | 4. | 1 | 10 | 31 | 310 | 310 | 0 |
| | 5. | 1 | $10^2$ | 8 | 250 | 250 | 0 |
| | 6. | 4 | 5 | 38 45 | 370 | 208 | 162 |
| | 7. | 4 | 1 | 22 | 620 | 180 | **440**max |
| | 8. | 4 | $6^0$ | 37 59 | 650 | 310 | 340 |
| | 9. | 4 | 1 | 36 | 620 | 250 | 370 |
| | 10. | 0 | $8^1$ | 13 | | | |
| | 11. | 3 | 8 | 36 50 | 222 | 139 | 83 |
| | 12. | 4 | 1 | 27 | 560 | 250 | 310 |
| | 13. | 4 | 1 | 5 | 440 | 120 | 320 |
| | 14. | 4 | 5 | 35 43 | 560 | 210 | 350 |

Digitized by Google

| Datum 1905 | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Okt. 15. 12h | 4 | 1 | 35° 21′ | 560 | 170 | 390 |
| 16. | 2 | 8° | 0 | 360 | 360 | 0 |
| 17. | 4 | 0 | 34 38 | 580 | 200 | 380 |
| 18. | 3 | 6° | 16 | 370 | 280 | 90 |
| 19. | 4 | 2 | 33 54 | 380 | 180 | 200 |
| 20. | 0 | 10 | 32 | 280 | 280 | 0 |
| 21. | 1 | 9° | 10 | 360 | 360 | 0 |
| 22. | 4 | 1 | 32 49 | 370 | 170 | 200 |
| 23. | 0 | 10 | 28 | 208$_{min}$ | 308 | 0 |
| 24. | 1 | 10 | 7 | 250 | 250 | 0 |
| 25. | 0 | 10² | 31 46 | | | |
| 26. | 3 | 8² | 25 | 320 | 180 | 140 |
| 27. | 4 | 0 | 4 | | | |
| 28. | 4 | 1 | 30 43 | 370 | 155 | 215 |
| 29. | 4 | 1 | 24 | | | |
| 30. | 1 | 10° | 4 | 360 | 360 | 0 |
| 31. | 1 | 10° | 29 44 | 310 | 310 | 0 |
| Nov. 1. | 1 | 10° | 24 | 310 | 310 | 0 |
| 2. | 0 | 10¹ | 4 | 217 | 217 | 0 |
| 3. | 0 | 10² | 28 46 | | | |
| 4. | 0 | 10² | 27 | 180 | 180 | 0 |
| 5. | 0 | 10² | 8 | 140 | 140 | 0 |
| 6. | 1 | 4 | 27 50 | 167 | 167 | 0 |
| 7. | 0 | 5 | 32 | 190 | 190 | 0 |
| 8. | 1 | 10² | 18 | 180 | 180 | 0 |
| 9. | 1 | 10° | 1 | 310 | 310 | 0 |
| 10. | 4 | 1 | 26 44 | 320 | — | — |
| 11. | 3 | 5 | 28 | | | |
| 12. | 0 | 9² | 11 | 132 | 132 | 0 |
| 13. | 0 | 10² | 25 54 | 180 | 180 | 0 |
| 14. | 4 | 0 | 37 | 195 | 100 | 95 |
| 15. | 3—4 | 3° | 21 | 330 | 223 | 107 |
| 16. | 0 | 8² | 5 | 167 | 167 | 0 |
| 17. | 0 | 3 | 24 50 | 114$_{min}$ | 114 | 0 |
| 18. | 0 | 8° | 35 | 410 | 410 | 0 |
| 19. | 0 | 10 | 20 | 163 | 163 | 0 |
| 20. | 0 | 10 | 6 | 210 | 210 | 0 |
| 21. | 0 | 10 | 23 53 | 245 | 245 | 0 |
| 22. | 2 | 7° | 39 | 430$_{max}$ | 430 | 0 |
| 23. | 4 | 0 | 25 | 240 | — | — |
| 24. | 4 | 2 | 12 | 240 | — | — |
| 25. | 4 | 0 | 22 59 | 300 | 130 | 170 |
| 26. | 0 | 10° | 47 | 270 | 270 | 0 |
| 27. | 0 | 10° | 35 | 230 | 230 | 0 |
| 28. | 4 | 1 | 23 | 400 | 150 | 250$_{max}$ |
| 29. | 1 | 10 | 11 | 175 | 175 | 0 |
| 30. | 2 | 4 | 0 | 163 | 163 | 0 |

Digitized by Google

| Datum 1905 | | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dez. | 1. 12h | 1 | 10 | 21° 49′ | 290 | 290 | 0 |
| | 2. | 2 | 3 | 40 | 180 | 180 | 0 |
| | 3. | 4 | 0 | 31 | 330 | 147 | 183 |
| | 4. | 4 | 0—1 | 23 | 270 | 155 | 115 |
| | 5. | 4 | 0 | 14 | **350**$_{max}$ | 160 | 190 |
| | 6. | 4 | 0 | 6 | 270 | 120 | 150 |
| | 7. | 1 | 6 | 20 59 | 223 | 223 | 0 |
| | 8. | 3—4 | 0 | 52 | 280 | 130 | 150 |
| | 9. | 0 | 7 | 46 | 270 | 270 | 0 |
| | 10. | 2 | 10 | 40 | 310 | 310 | 0 |
| | 11. | 4 | 0 | 35 | 265 | 110 | 155 |
| | 12. | 4 | 1 | 30 | 300 | 115 | 185 |
| | 13. | 3 | 4 | 26 | 310 | 155 | 155 |
| | 14. | 2—3 | 4 | 22 | 180 | 180 | 0 |
| | 15. | 4 | 0 | 18 | 190 | 110 | 80 |
| | 16. | 4 | 0 | 15 | | | |
| | 17. | 4 | 0 | 13 | | | |
| | 18. | 4 | 0 | 11 | | | |
| | 19. | 4 | 0 | 9 | | | |
| | 20. | 4 | 0 | 7 | 183 | 75 | 108 |
| | 21. | 4 | 2[1] | 7 | 235 | 90 | 145 |
| | 22. | 4 | 1 | 6 | 220 | 85 | 135 |
| | 23. | 3 | 2 | 6 | 165 | 99 | 66 |
| | 24. | 4 | 0 | 7 | 215 | 85 | 130 |
| | 25. | 4 | 0 | 8 | 260 | 95 | 165 |
| | 26. | 4 | 0 | 10 | 145 | 57 | 88 |
| | 27. | 4 | 0 | 12 | 160 | 72 | 88 |
| | 28. | 2 | 9[1] | 14 | **123**$_{min}$ | 123 | 0 |
| | 29. | 2 | 8[1] | 17 | 141 | 141 | 0 |
| | 30. | 2 | 10[1] | 21 | 205 | 205 | 0 |
| | 31. | 4 | 0 | 25 | 310 | 87 | **228**$_{max}$ |
| **1906** | | | | | | | |
| Jan. | 1. | 3 | 3 | 20 29 | 165 | 60 | 105 |
| | 2. | 4 | 0 | 34 | 250 | 83 | 167 |
| | 3. | 2 | 10[1] | 39 | **141**$_{min}$ | 141 | 0 |
| | 4. | 3 | 5[1] | 45 | 153 | 92 | 61 |
| | 5. | 3 | 7[0] | 51 | 310 | 250 | 60 |
| | 6. | 0 | 10[0] | 58 | 286 | 286 | 0 |
| | 7. | 4 | 6 | 21 6 | 310 | 208 | 102 |
| | 8. | 0 | 10[0] | 14 | 310 | 310 | 0 |
| | 9. | 3 | 10[0] | 22 | 350 | 208 | 142 |
| | 10. | 3—4 | 2 | 30 | **450**$_{max}$ | 150 | **300**$_{max}$ |
| | 11. | 2 | 10[0] | 37 | 420 | 420 | 0 |
| | 12. | 2—3 | 2—10[0] | 47 | 345 | 233 | 112 |
| | 13. | 4 | 1 | 57 | 420 | 155 | 265 |
| | 14. | 2 | 9 | 22 7 | 270 | 270 | 0 |
| | 15. | 4 | 0 | 18 | 420 | 140 | 280 |

Digitized by Google

| Datum 1906 | | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jan. | 16. 12h | 2—3 | 1—10° | 22° 29′ | 250 | 217 | 33 |
| | 17. | 4 | 1 | 41 | 278 | 125 | 153 |
| | 18. | 2 | 2—10° | 53 | 200 | 200 | 0 |
| | 19. | 0 | 10¹ | 23 5 | 155 | 155 | 0 |
| | 20. | 2-3 | 9 | 18 | 200 | 167 | 33 |
| | 21. | 4 | 1 | 31 | 263 | 100 | 163 |
| | 22. | 4 | 1 | 45 | 185 | 83 | 102 |
| | 23. | 3 | 4° | 59 | 185 | 125 | 60 |
| | 24. | 4 | 1 | 24 13 | 230 | 115 | 115 |
| | 25. | 4 | 0 | 27 | 275 | 105 | 170 |
| | 26. | 4 | 4 | 42 | 260 | 110 | 150 |
| | 27. | 4 | 1 | 57 | 238 | 105 | 133 |
| | 28. | 4 | 0 | 25 13 | 266 | 133 | 133 |
| | 29. | 4 | 0 | 29 | 410 | 220 | 190 |
| | 30. | 2 | 9 | 45 | 320 | 320 | 0 |
| | 31. | 1—2 | 10 | 26 1 | 330 | 330 | 0 |
| Febr. | 1. | 4 | 0 | 18 | 280 | 140 | 140 |
| | 2. | 4 | 2¹ | 35 | 305 | 125 | 180 |
| | 3. | 2 | 9¹ | 53 | 320 | 320 | 0 |
| | 4. | 2 | 8 | 27 11 | 330 | 330 | 0 |
| | 5. | 4 | 0 | 29 | 370 | 145 | 225 |
| | 6. | 0—1 | 10¹⁻² | 47 | 240 | 240 | 0 |
| | 7. | 0 | 10¹⁻² | 28 5 | 227 | 227 | 0 |
| | 8. | 4 | 0 | 23 | 350 | 145 | 205 |
| | 9. | 1—2 | 10¹ | 42 | 330 | 330 | 0 |
| | 10. | 4 | 0 | 29 2 | 370 | 170 | 200 |
| | 11. | 4 | 3 | 22 | 460 | 210 | 250 |
| | 12. | 0 | 10 | 42 | 290 | 290 | 0 |
| | 13. | 0—1 | 10 | 30 2 | 330 | 330 | 0 |
| | 14. | 0 | 10 | 23 | 280 | 280 | 0 |
| | 15. | 1 | 8 | 43 | 320 | 320 | 0 |
| | 16. | 4 | 0 | 31 4 | 380 | 150 | 230 |
| | 17. | 4 | 1 | 25 | 420 | 210 | 210 |
| | 18. | 4 | 0 | 46 | 600 max | 260 | 340 max |
| | 19. | 4 | 1 | 32 7 | 520 | 210 | 310 |
| | 20. | 2 | 10° | 28 | 460 | 460 | 0 |
| | 21. | 0 | 10¹ | 49 | 280 | 280 | 0 |
| | 22. | 4 | 1 | 33 11 | | | |
| | 23. | 0 | 9² | 33 | 190 min | 190 | 0 |
| | 24. | 3 | 5¹ | 55 | 340 | 195 | 145 |
| | 25. | 4 | 4⁰⁻¹ | 34 18 | 370 | 200 | 170 |
| | 26. | 2 | 6¹ | 40 | 270 | 270 | 0 |
| | 27. | 0 | 10² | 35 2 | 208 | 208 | 0 |
| | 28. | 0 | 10² | 24 | 220 | 220 | 0 |
| März | 1. | 0 | 10¹ | 47 | 370 | 370 | 0 |
| | 2. | 4 | 7¹ | 36 10 | 620 | 310 | 310 |
| | 3. | 4 | 2¹ | 32 | 520 | 220 | 300 |

Digitized by Google

| Datum 1906 | | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| März | 4. 12 h | 4 | 0 | 36° 55′ | 500 | 195 | 305 |
| | 5. | 4 | 0 | 37 19 | 500 | 180 | 320 |
| | 6. | 4 | 0 | 42 | 500 | 200 | 300 |
| | 7. | 4 | 0 | 38 5 | 500 | 200 | 300 |
| | 8. | 4 | 0 | 28 | 600 | 220 | 380 |
| | 9. | 3—4 | $8^1$ | 52 | 500 | 300 | 200 |
| | 10. | 4 | $4^1$ | 39 15 | 550 | 210 | 340 |
| | 11. | 3—4 | $6^{0-1}$ | 39 | 500 | 250 | 250 |
| | 12. | 0 | $10^2$ | 40 2 | **180**$_{min}$ | 180 | 0 |
| | 13. | 4 | $1^1$ | 25 | 500 | 180 | 320 |
| | 14. | 1 | $10^1$ | 49 | 410 | 410 | 0 |
| | 15. | 4 | $2^1$ | 41 13 | 500 | 200 | 300 |
| | 16. | 4 | 3 | 37 | 490 | 180 | 310 |
| | 17. | 2—3 | $5^{0-1}$ | 42 1 | 300 | 300 | 0 |
| | 18. | 4 | 0 | 24 | 600 | 190 | 410 |
| | 19. | 0 | $10^2$ | 48 | 290 | 290 | 0 |
| | 20. | 2 | $10^{1-2}$ | 43 11 | 410 | 410 | 0 |
| | 21. | 0—1 | $10^1$ | 35 | 500 | 500 | 0 |
| | 22. | 0 | $10^2$ | 59 | 410 | 410 | 0 |
| | 23. | 0—1 | $10^{1-2}$ | 44 23 | 500 | 500 | 0 |
| | 24. | 0 | $10^{1-2}$ | 47 | 470 | 470 | 0 |
| | 25. | 1 | $10^1$ | 45 10 | 530 | 530 | 0 |
| | 26. | 1 | $10^0$ | 33 | 560 | 560 | 0 |
| | 27. | 4 | $5^1$ | 57 | 600 | 200 | 400 |
| | 28. | 4 | 0—1 | 46 20 | 600 | 200 | 400 |
| | 29. | 4 | 0 | 43 | **640**$_{max}$ | 200 | **440**$_{max}$ |
| | 30. | 4 | 3 | 47 6 | 560 | 160 | 400 |
| | 31. | 4 | 1 | 30 | 560 | 170 | 390 |
| April | 1. | 4 | 0 | 53 | 650 | 180 | 470 |
| | 2. | 4 | $2^{0-1}$ | 48 17 | 600 | 200 | 400 |
| | 3. | 4 | 0 | 39 | 650 | 190 | 460 |
| | 4. | 2—3 | $10^1$ | 49 2 | 500 | 500 | 0 |
| | 5. | 1 | $10^{1-2}$ | 24 | 480 | 480 | 0 |
| | 6. | 4 | 4 | 47 | 600 | 200 | 400 |
| | 7. | 3—4 | $5^{0-1}$ | 50 10 | 910 | 360 | 550 |
| | 8. | 1—2 | $10^1$ | 32 | 650 | 650 | 0 |
| | 9. | 1—2 | $9^1$ | 54 | 700 | 700 | 0 |
| | 10. | 2 | $3^1$ | 51 16 | 600 | 600 | 0 |
| | 11. | 1 | $10^1$ | 38 | 650 | 650 | 0 |
| | 12. | 4 | $1^{0-1}$ | 52 10 | 830 | 260 | **570**$_{max}$ |
| | 13. | 4 | $1^1$ | 32 | 830 | 260 | **570**$_{max}$ |
| | 14. | 0 | $10^{1-2}$ | 54 | 560 | 560 | 0 |
| | 15. | 3 | $8^1$ | 53 15 | 650 | 480 | 170 |
| | 16. | 0 | $9^{1-2}$ | 35 | 500 | 500 | 0 |
| | 17. | 0 | $10^{2*}$ | 54 | **300**$_{min}$ | 300 | 0 |
| | 18. | 0 | $10^2$ | 54 14 | | | |
| | 19. | 1 | $9^{1-2}$ | 34 | 700 | 700 | 0 |

Digitized by Google

| Datum 1906 | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| April 20. 12h | 0 | $10^1$ | 54° 54′ | 650 | 650 | 0 |
| 21. | 3—4 | $8^1$ | 55 14 | 830 | 530 | 300 |
| 22. | 0 | $10^1$ | 33 | 700 | 700 | 0 |
| 23. | 0—1 | $10^{1-2}$ | 53 | 700 | 700 | 0 |
| 24. | 0—1 | $10^{1-2}$ | 56 13 | 700 | 700 | 0 |
| 25. | 3 | $7^1$ | 32 | 900 | 450 | 450 |
| 26. | 0 | $10^{1-2}$ | 51 | 700 | 700 | 0 |
| 27. | 0 | $10^1$ | 57 10 | | | |
| 28. | 4 | 1 | 29 | **1010**$_{max}$ | 450 | 560 |
| 29. | 0 | $10^{1-2}$ | 48 | 560 | 560 | 0 |
| 30. | 0—1 | $10^1$ | 58 7 | 700 | 700 | 0 |
| Mai 1. | 0 | $10^2$ | 26 | 650 | 650 | 0 |
| 2. | 4 | $4^1$ | 44 | 1300 | 360 | 940 |
| 3. | 4 | 0 | 59 1 | 1010 | 450 | 560 |
| 4. | 4 | 1 | 18 | 1300 | 360 | 940 |
| 5. | 3—4 | $5^1$ | 35 | 1010 | 510 | 500 |
| 6. | 4 | $2^1$ | 52 | 900 | 300 | 600 |
| 7. | 1 | $8^1$ | 60 10 | 830 | 830 | 0 |
| 8. | 0 | $9^{1-2}$ | 27 | 700 | 700 | 0 |
| 9. | 1 | $9^{1-2}$ | 43 | 750 | 750 | 0 |
| 10. | 0—1 | $8^1$ | 58 | 650 | 650 | 0 |
| 11. | 0—1 | $9^1$ | 61 14 | 650 | 650 | 0 |
| 12. | 3—4 | $8^1$ | 29 | 1510 | 720 | 790 |
| 13. | 4 | $4^1$ | 45 | 1390 | 470 | 920 |
| 14. | 4 | $3^1$ | 62 1 | **1600**$_{max}$ | 450 | **1150**$_{max}$ |
| 15. | 0 | $10^0$ | 17 | 530 | 530 | 0 |
| 16. | 2 | $9^1$ | 32 | 560 | 560 | 0 |
| 17. | 1 | $8^1$ | 46 | **450**$_{min}$ | 450 | 0 |
| 18. | 0 | $10^1$ | 59 | 530 | 530 | 0 |
| 19. | 0 | $10^1$ | 63 13 | 650 | 650 | 0 |
| 20. | 0 | $10^1$ | 26 | **450**$_{min}$ | 450 | 0 |
| 21. | 4 | $4^1$ | 39 | 1130 | 450 | 680 |
| 22. | 4 | 1 | 52 | 1130 | 450 | 680 |
| 23. | 4 | 1 | 64 4 | 1300 | 450 | 850 |
| . . . . . | | | | | | |
| 27. | 3 | $6^1$ | 49 | 900 | 600 | 300 |
| 28. | 0 | $9^1$ | 59 | 670 | 670 | 0 |
| 29. | 4 | $4^1$ | 65 9 | 1500 | 440 | 1060 |
| 30. | 4 | $4^1$ | 17 | 1300 | 360 | 940 |
| 31. | 4 | $2_{cu}$ | 25 | 1380 | 400 | 980 |
| Juni 8. | 4 | 0 | 66 24 | 1200 | 200 | 1000 |
| 9. | 3 | 6 | 30 | 1000 | 370 | 630 |
| 10. | 1 | 10 | 34 | 550 | 550 | 0 |
| 11. | 2 | 10 | 38 | 750 | 750 | 0 |
| 12. | 1 | 9 | 42 | **340**$_{min}$ | 340 | 0 |
| 17. | 4 | 4 | 67 0 | **1660**$_{max}$ | 350 | **1310**$_{max}$ |
| 27. | 4 | 1 | 66 59 | 1300 | 250 | 1050 |

Digitized by Google

| Datum 1906 | | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Juli | 3. 12h | 0 | 9 | 66° 36′ | 440 | 440 | 0 |
| | 4. | 0 | 10 | 32 | 350 | 350 | 0 |
| | 6. | 3 | 7 | 23 | 900 | 600 | 300 |
| | 7. | 3 | 5¹ | 17 | 900 | 540 | 360 |
| | 8. | 2 | 10 | 10 | 900 | 900 | 0 |
| | 9. | 3—4 | 9 | 2 | 1000 | 500 | 500 |
| Aug. | 4. | 0 | 10² | 61 0 | **165**$_{min}$ | 165 | 0 |
| | 5. | 4 | 0—1 | 60 44 | **1280**$_{max}$ | 260 | **1020**$_{max}$ |
| | 8. | 4 | 2 | 59 54 | 1190 | 200 | 990 |
| | 10. | 2 | 10⁰ | 17 | 550 | 550 | 0 |
| | 26. | 1 | 8 | 54 11 | 330 | 330 | 0 |
| | 27. | 4 | 4 | 53 49 | 850 | 170 | 680 |

**Einige Augusttage 1905, nicht genau Mittags.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 13. 1h 10 | 4 | 0 | 58° 26′ | 650 | 170 | 480 |
| 15. 1h 10 | 4 | 5 | 57 47 | 850 | 310 | 540 |
| 22. 12h | 3—4 | 5 | 55 32 | 850 | 415 | 435 |
| 26. 1h 20 | 4 | 6 | 54 12 | 850 | 250 | 600 |
| 29. 10h 40 | 4 | 3 | 53 10 | 850 | 250 | 600 |
| 31. 11h 25 | 4 | 4 | 52 29 | 800 | 250 | 550 |

**Einige Mittagsdaten, nicht auf dem Hospiz gemessen.**

| Datum 1906 | | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte | Ort | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Juni | 13. 12h | 3—4 | 4 | 66° 47′ | 760 | 220 | 540 | Pontresina | 1800 m |
| | 15. | 4 | 4 | 52 | 900 | 300 | 600 | „ | „ |
| | 16. | 4 | 3 | 54 | **1660**$_{max}$ | 600 | 1060 | „ | „ |
| | 18. | 1 | 7 | 58 | **300**$_{min}$ | 300 | 0 | „ | „ |
| | 26. | 4 | 0 | 67 1 | 900 | 225 | 675 | Tschüfferhang | 2400 m |
| Juli | 2. | 4 | 5 | 40 | 1120 | 350 | 770 | Morteratsch | 1900 m |
| | 10. | 3 | 9 | 65 51 | **1660**$_{max}$ | 600 | **1060**$_{max}$ | Piz Albris | 3120 m |
| | 15. | 4 | 1 | 15 | 1130 | 300 | 830 | Schafberg | 2740 m |
| | 17. | 4 | 1 | 64 54 | 1100 | 220 | 880 | Boval | 2460 m |
| | 20. | 3—4 | 6 | 23 | 1520 | 550 | 970 | Furcla Surlej | 2760 m |
| | 22. | 4 | 2 | 64 0 | 1100 | 330 | 770 | Zernetz | 1500 m |
| | 23. | 4 | 4 | 63 48 | 1280 | 370 | 910 | Fliela Schwarzhorn | 3150 m |
| | 24. | 4 | 8 | 36 | 1350 | 470 | 880 | Ofen | 1800 m |
| Aug. | 6. | 4 | 0 | 60 28 | 1100 | 180 | 920 | Piz Lagalp | 2962 m |
| | 7. | 4 | 1 | 11 | **1350**$_{max}$ | 220 | **1130**$_{max}$ | Diavolezza | 2977 m |
| | 11. | 0 | 10 | 59 0 | 420 | 420 | 0 | Munt Pers | 3211 m |
| | 13. | 4 | 1 | 24 | 1100 | 220 | 880 | Pontresina | 1800 m |
| | 14. | 0 | 9 | 6 | 330 | 330 | 0 | „ | „ |
| | 15. | 0 | 9 | 57 48 | 220 | 220 | 0 | Plaun da Statz | 1950 m |
| | 16. | 3 | 7 | 29 | 830 | 480 | 350 | Tschiervagletscher | 2560 m |
| | 18. | 4 | 3 | 56 51 | 1080 | 270 | 810 | Alp Languard | 2400 m |



Digitized by Google

| Datum 1906 | | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte | Ort | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aug. | 20. 12h | 4 | 1 | 56° 13′ | 1280 | 220 | 1060 | Aguaglious | 2767 m |
| | 21. | 3 | 5 | 55 53 | 830 | 220 | 610 | Rosatsch | 2900 m |
| | 23. | 4 | 1 | 15 | 1230 | 220 | 1010 | Berninahäuser | 2050 m |
| | 24. | 4 | 4 | 54 54 | 1100 | 220 | 880 | Gemsfreiheit | 3080 m |
| | 28. | 4 | 0 | 53 29 | 830 | 130 | 700 | Furcla Muraigl | 2895 m |
| | 30. | 4 | 0 | 52 49 | 830 | 170 | 660 | Las Sours | 2980 m |
| | 31. | 4 | 0 | 29 | 720 | 130 | 590 | Pontresina | 1800 m |

| Datum 1907 | | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| April | 1. 12h | 3 | 10° | 47° 54′ | 850 | 350 | 500 |
| | 2. | 1 | 10¹ | 48 18 | 470 | 470 | 0 |
| | 3. | 0 | 10¹ | 40 | **470**$_{min}$ | 470 | 0 |
| | 4. | 4 | 5 | 49 3 | 930 | 450 | 480 |
| | 5. | 1 | 10 | 25 | 540 | 540 | 0 |
| | 6. | 4 | 4 | 48 | 1120 | 460 | **660**$_{max}$ |
| | 7. | 3 | 7 | 50 11 | 860 | 470 | 390 |
| | 8. | 2 | 10 | 33 | 590 | 590 | 0 |
| | 9. | 4 | 0 | 55 | 940 | 300 | 640 |
| | 10. | 1 | 10 | 51 17 | 590 | 590 | 0 |
| | 11. | 0 | 8 | 39 | **470**$_{min}$ | 470 | 0 |
| | 12. | 1 | 10 | 52 11 | 590 | 590 | 0 |
| | 13. | 2 | 10 | 33 | | | |
| | 14. | 2 | 6 | 55 | 630 | 630 | 0 |
| | 15. | 2 | 10 | 53 16 | 750 | 750 | 0 |
| | 16. | 2 | 10 | 36 | 750 | 750 | 0 |
| | 17. | 3 | 10° | 55 | 990 | 630 | 360 |
| | 18. | 3 | 10 | 54 15 | 750 | 450 | 300 |
| | 19. | | | 35 | | | |
| | 20. | 4 | 0 | 55 | 920 | 440 | 480 |
| | 21. | 4 | 0 | 55 15 | 990 | 410 | 580 |
| | 22. | 4 | 0 | 34 | 870 | 400 | 470 |
| | 23. | 4 | 1 | 54 | 940 | 420 | 520 |
| | 24. | 3 | 8 | 56 14 | 770 | 420 | 350 |
| | 25. | 4 | 4 | 33 | 1040 | 470 | 570 |
| | 26. | 4 | 5 | 52 | 970 | 470 | 500 |
| | 27. | 1 | 10 | 57 11 | 660 | 660 | 0 |
| | 28. | 1 | 10 | 30 | 630 | 630 | 0 |
| | 29. | 2—3 | 10 | 49 | 710 | 590 | 120 |
| | 30. | 4 | 8 | 58 8 | **1130**$_{max}$ | 580 | 550 |
| Mai | 1. | 0 | 10¹ | 27 | 570 | 570 | 0 |
| | 2. | 4 | 0 | 45 | 1010 | 530 | 480 |
| | 3. | 4 | 8 | 59 2 | 1170 | 650 | 520 |
| | 4. | 4 | 0 | 19 | 990 | 410 | 580 |
| | 5. | 4 | 5 | 36 | 990 | 420 | 570 |
| | 6. | | | 53 | | | |

Digitized by Google

| Datum 1907 | | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mai | 7. 12h | 0 | 10² | 60° 11′ | 400 | 400 | 0 |
| | 8. | | | 28 | | | |
| | 9. | 4 | 0 | 44 | 1000 | 320 | 680 |
| | 10. | 4 | 2 | 59 | 1100 | 430 | 670 |
| | 11. | 4 | 0 | 61 15 | 1100 | 470 | 630 |
| | 12. | 4 | 4 | 30 | 1100 | 470 | 630 |
| | 13. | 0 | 8 | 46 | 480 | 480 | 0 |
| | 14. | 3—4 | 1 | 62 2 | 810 | 300 | 510 |
| | 15. | 0 | 10² | 18 | **260**$_{min}$ | 260 | 0 |
| | 16. | 0 | 10 | 33 | 530 | 530 | 0 |
| | 17. | 3 | 8 | 46 | 680 | 420 | 260 |
| | 18. | 0 | 10 | 63 0 | 500 | 500 | 0 |
| | 19. | 2 | 10 | 14 | 700 | 700 | 0 |
| | 20. | 3 | 10 | 27 | 680 | 500 | 180 |
| | 21. | 0 | 10 | 40 | 500 | 500 | 0 |
| | 22. | 1 | 10 | 53 | 630 | 630 | 0 |
| | 23. | 0 | 10 | 64 5 | 500 | 500 | 0 |
| | 24. | 4 | 4 | 17 | 1310 | 420 | 890 |
| | 25. | 4 | 2 | 28 | 1300 | 480 | 820 |
| | 26. | 4 | 2 | 39 | **1800**$_{max}$ | 470 | **1330**$_{max}$ |
| | 27. | 3—4 | 7 | 50 | 1360 | 590 | 770 |
| | 28. | 1 | 10 | 65 0 | 500 | 500 | 0 |
| | 29. | 2—3 | 10 | 10 | 680 | 450 | 230 |
| | 30. | 0 | 10 | 18 | 420 | 420 | 0 |
| | 31. | 4 | 9 | 26 | | | |
| Juni | 1. | 0 | 10² | 65 34 | 360 | 360 | 0 |
| | 2. | 3—4 | 4 | 42 | **1500**$_{max}$ | 750 | 750 |
| | 3. | 2—3 | 8 | 50 | 920 | 700 | 220 |
| | 4. | 0 | 8 | 57 | 380 | 380 | 0 |
| | 5. | 3 | 5 | 66 4 | 920 | 430 | 490 |
| | 6. | 0 | 10² | 11 | 310 | 310 | 0 |
| | 7. | 1 | 9 | 18 | 590 | 590 | 0 |
| | 8. | 4 | 1 | 25 | 900 | 380 | 520 |
| | 9. | 4 | 0 | 31 | 1160 | 420 | 740 |
| | 10. | 4 | 1 | 36 | 1360 | 360 | **1000**$_{max}$ |
| | 11. | 1 | 9 | 40 | 590 | 590 | 0 |
| | 12. | 4 | 8 | 44 | 1240 | 500 | 740 |
| | 13. | 0 | 10 | 48 | 450 | 450 | 0 |
| | 14. | 0 | 10² | 51 | 260 | 260 | 0 |
| | 15. | | | 54 | | | |
| | 16. | 4 | 6 | 56 | 1360 | 500 | 860 |
| | 17. | 3—4 | 7 | 58 | 1240 | 380 | 860 |
| | 18. | 1 | 7 | 67 0 | 460 | 460 | 0 |
| | 19. | | | 1 | | | |
| | 20. | | | 2 | | | |
| | 21. | 3 | 9 | 3 | 680 | 430 | 250 |
| | 22. | 3 | 9 | 3 | 910 | 460 | 450 |

Digitized by Google

| Datum 1907 | | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Juni | 23. 12h | 0 | 10² dicker Nebel | 67° 3′ | 85$_{min}$ | 85 | 0 |
| | 24. | 4 | 2 | 2 | 990 | 410 | 580 |
| | 25. | 1 | 10 | 2 | 420 | 420 | 0 |
| | 26. | 3 | 9 | 0 | 900 | 420 | 480 |
| | 27. | 3 | 8 | 66 58 | 900 | 420 | 480 |
| | 28. | | | 56 | | | |
| | 29. | | | 53 | | | |
| | 30. | 0 | 10 | 50 | 360 | 360 | 0 |
| Juli | 1. | 0—1 | 10 | 46 | 310 | 310 | 0 |
| | 2. | 0 | 10² | 42 | 175 | 175 | 0 |
| | 3. | 3 | 9 | 38 | 1060 | 530 | 530 |
| | 4. | 2 | 10 | 33 | 500 | 500 | 0 |
| | 5. | 4 | 8 | 28 | 1000 | 360 | 640 |
| | 6. | 3 | 6 | 23 | 870 | 420 | 450 |
| | 7. | 2 | 8 | 17 | 630 | 630 | 0 |
| | 8. | 0 | 10² | 10 | 165$_{min}$ | 165 | 0 |
| | 9. | 3 | 9 | 4 | 690 | 460 | 230 |
| | 10. | 4 | 8 | 65 56 | 1080 | 500 | 580 |
| | 11. | 4 | 6 | 49 | 900 | 400 | 500 |
| | 12. | 4 | 4 | 41 | 1200 | 410 | 790 |
| | 13. | 0—1 | 10 | 33 | 330 | 330 | 0 |
| | 14. | 3 | 10 | 25 | 630 | 380 | 250 |
| | 15. | 3 | 9 | 16 | 750 | 500 | 250 |
| | 16. | 4 | 2 | 6 | 1350 | 500 | 850 |
| | 17. | 4 | 2 | 64 56 | 1500 | 560 | 940 |
| | 18. | 4 | 1 | 46 | 1500 | 550 | 950 |
| | 19. | 4 | 1 | 35 | 1800$_{max}$ | 600 | 1200$_{max}$ |
| | 20. | 4 | 1 | 24 | 1700 | 500 | 1200$_{max}$ |
| | 21. | 4 | 1 | 13 | 1500 | 460 | 1040 |
| | 22. | 2 | 8 | 2 | 600 | 600 | 0 |
| | 23. | 4 | 6 | 63 50 | 1500 | 550 | 950 |
| | 24. | 1 | 10 | 38 | 370 | 370 | 0 |
| | 25. | 0 | 10 | 26 | 380 | 380 | 0 |
| | 26. | 0 | 10 | 13 | 380 | 380 | 0 |
| | 27. | 4 | 7 | 62 59 | 1600 | 520 | 1080 |
| | 28. | 4 | 7 | 45 | 1520 | 520 | 1000 |
| | 29. | 4 | 8 | 31 | 1360 | 520 | 840 |
| | 30. | 1 | 10 | 17 | 430 | 430 | 0 |
| | 31. | 4 | 7 | 3 | 1350 | 510 | 840 |
| Aug. | 1. | 4 | 7 | 61 48 | 1350 | 410 | 940 |
| | 2. | 4 | 6 | 33 | 1600 | 500 | 1100 |
| | 3. | 3—4 | 7 | 18 | 1060 | 400 | 660 |
| | 4. | 4 | 2 | 2 | 1350 | 500 | 850 |
| | 5. | 1 | 10 | 60 46 | 580 | 580 | 0 |
| | 6. | 3 | 9 | 30 | 900 | 500 | 400 |
| | 7. | 1 | 7 | 14 | 580 | 580 | 0 |
| | 8. | 4 | 0 | 59 57 | 1600 | 500 | 1100 |

Digitized by Google

| Datum 1907 | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Aug. 9. 12h | 4 | 8 | 59° 40′ | **1660**$_{max}$ | 550 | **1110**$_{max}$ |
| 10. | 3 | 10 | 23 | 900 | 450 | 450 |
| 11. | 3—4 | 8 | 5 | 1400 | 560 | 840 |
| 12. | 4 | 4 | 58 48 | 1400 | 500 | 900 |
| 13. | 4 | 2 | 30 | 1350 | 500 | 850 |
| 14. | 4 | 0 | 11 | 1260 | 450 | 810 |
| 15. | 1 | 10² | 57 53 | 380 | 380 | 0 |
| 16. | 0 | 10² | 34 | **360**$_{min}$ | 360 | 0 |
| 17. | 3 | 9 | 15 | 800 | 320 | 480 |
| 18. | 4 | 0 | 56 56 | 1250 | 330 | 920 |
| 19. | 4 | 0 | 37 | 1450 | 450 | 1000 |
| 20. | 2 | 10 | 17 | 580 | 580 | 0 |
| 21. | 4 | 0 | 55 57 | 900 | 310 | 590 |
| 22. | 4 | 0 | 37 | 900 | 300 | 600 |
| 23. | 0 | 10 | 17 | 400 | 400 | 0 |
| 24. | 2—3 | 10 | 54 57 | 640 | 370 | 270 |
| 25. | 4 | 0 | 36 | 860 | 280 | 580 |
| 26. | 4 | 0 | 16 | 950 | 360 | 590 |
| 27. | 3 | 8 | 53 55 | 800 | 340 | 460 |
| 28. | 4 | 8 | 34 | 1250 | 420 | 830 |
| 29. | 1 | 10 | 13 | 560 | 560 | 0 |
| 30. | 4 | 8 | 52 51 | 1470 | 500 | 970 |
| 31. | 2 | 9 | 30 | 700 | 700 | 0 |
| Sept. 1. | 4 | 7 | 52 8 | **1250**$_{max}$ | 600 | 650 |
| 2. | 2 | 10 | 51 47 | 490 | 490 | 0 |
| 3. | 2 | 10 | 25 | 560 | 560 | 0 |
| 4. | 2 | 9 | 3 | 420 | 420 | 0 |
| 5. | 2—3 | 7 | 50 41 | 550 | 370 | 180 |
| 6. | 4 | 5 | 18 | 900 | 400 | 500 |
| 7. | 4 | 0 | 49 56 | 900 | 320 | 580 |
| 8. | 4 | 0 | 33 | 950 | 300 | 650 |
| 9. | 4 | 0 | 11 | 900 | 300 | 600 |
| 10. | 1 | 10 | 48 48 | 500 | 500 | 0 |
| 11. | 0 | 10 | 26 | 360 | 360 | 0 |
| 12. | 3 | 8 | 3 | 840 | 420 | 420 |
| 13. | 3 | 9 | 47 40 | 600 | 360 | 240 |
| 14. | | | 17 | | | |
| 15. | 3 | 9 | 46 54 | 670 | 420 | 250 |
| 16. | 4 | 7 | 31 | 900 | 420 | 480 |
| 17. | 4 | 0 | 8 | 800 | 310 | 490 |
| 18. | 4 | 0 | 45 44 | 750 | 280 | 470 |
| 19. | 4 | 0 | 21 | 680 | 280 | 400 |
| 20. | 4 | 0 | 44 58 | 690 | 260 | 430 |
| 21. | 4 | 1 | 34 | 670 | 270 | 400 |
| 22. | 4 | 0 | 11 | 1100 | 350 | **750**$_{max}$ |
| 23. | 4 | 7 | 43 48 | 860 | 380 | 480 |
| 24. | 4 | 5 | 24 | 720 | 320 | 400 |

Digitized by Google

| Datum 1907 | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sept. 25. 12h | 0 | 9² | 43° 1′ | 310 min | 310 | 0 |
| 26. | 0 | 10² | 42 37 | 310 min | 310 | 0 |
| 27. | 0 | 10 | 14 | 320 | 320 | 0 |
| 28. | 0 | 10 | 41 51 | 360 | 360 | 0 |
| 29. | 4 | 9 | 27 | 760 | 340 | 420 |
| 30. | 0 | 10 | 4 | 360 | 360 | 0 |

**Vergleichende Tabelle der Monatsmittel der Mittagsbeobachtungen des Gesamtlichtes aus allen Tagen.**

| | Berninahospiz X. 05—V. 06, IV.—IX. 07 | | Wien l. c. S. 32 VI.—XII. 93, 1894 | | Kremsmünster l. c. S. 50 1897—1901 |
|---|---|---|---|---|---|
| | n | | n | | |
| Jan. | 31 | 279 | 29 | 85 | 154 |
| Febr. | 27 | 336 | 27 | 189 | 228 |
| März | 31 | 493 | 29 | 302 | 361 |
| April | 56 | 727 | 30 | 585 | 561 |
| Mai | 56 | 889 | 18 | 635 | 698 |
| Juni | 25 | 770 | 53 | 688 | 882 |
| Juli | 31 | 939 | 42 | 982 | 929 |
| Aug. | 31 | 1008 | 39 | 909 | 876 |
| Sept. | 29 | 672 | 30 | 643 | 646 |
| Okt. | 26 | 413 | 52 | 293 | 303 |
| Nov. | 25 | 224 | 60 | 145 | 171 |
| Dez. | 27 | 237 | 52 | 95 | 125 |
| Jahr | | 582 | | 463 | 495 |

**Lichtintensitäts-Maxima und -Minima.**

| | $J_g$ | | $J_d$ | | $J_s$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Max | Min | Max | Min | Max | Min |
| Jan. | 450 | 141 | 420 | 61 | 300 | 0 |
| Febr. | 600 | 190 | 460 | 125 | 340 | 0 |
| März | 640 | 180 | 560 | 150 | 440 | 0 |
| April | 1130 | 300 | 750 | 180 | 660 | 0 |
| Mai | **1800** | 260 | 750 | 260 | **1330** | 0 |
| Juni | 1660 | **85** | 750 | 85 | 1310 | 0 |
| Juli | **1800** | 165 | **900** | 165 | 1200 | 0 |
| Aug. | 1660 | 165 | 700 | 165 | 1110 | 0 |
| Sept. | 1250 | 125 | 750 | 125 | 750 | 0 |
| Okt. | 740 | 208 | 385 | 120 | 440 | 0 |
| Nov. | 430 | 114 | 430 | 100 | 250 | 0 |
| Dez. | 350 | 123 | 310 | **57** | 223 | 0 |

Digitized by Google

**Monatsmittel der Mittagsbeobachtungen bei Sonnenschein.**

| Monat | Berninahospiz Sept. 1905—Aug. 06 u. April—Sept. 1907 | | | | | | Kremsmünster (nach Schwab) Mittel der Jahre 1901 u. 1902 | | | | | Wien (nach Wiesner) 1893/94 | | | Mittlere Sonnenhöhe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | n [1] | N [1] | $J_g$ | $J_d$ | $J_s$ | $J_d : J_s$ | n | $J_g$ | $J_d$ | $J_s$ | $J_d : J_s$ | n | N | $J_g$ | |
| Jan. [2] | 22 | 31 | 282 | 145 | 137 | 100 : 93 | 40 | 174 | 121 | 53 | 100 : 44 | 6 | 29 | 169 | 22° |
| Febr. | 12 | 27 | 397 | 180 | 217 | 100 : 119 | 31 | 387 | 213 | 174 | 100 : 82 | 15 | 27 | 250 | 30 |
| März | 19 | 31 | 545 | 209 | 336 | 100 : 161 | 59 | 428 | 208 | 220 | 100 : 106 | 16 | 29 | 456 | 41 |
| April | 27 | 56 | 861 | 403 | 458 | 100 : 114 | 40 | 604 | 277 | 327 | 100 : 118 | 23 | 30 | 696 | 52 |
| Mai | 31 | 56 | 1153 | 455 | 698 | 100 : 153 | 72 | 904 | 399 | 505 | 100 : 127 | 13 | 18 | 879 | 61 |
| Juni | 18 | 32 | 1119 | 430 | 689 | 100 : 160 | 68 | 1144 | 464 | 680 | 100 : 146 | 27 | 53 | 943 | 64 |
| Juli | 23 | 38 | 1203 | 494 | 709 | 100 : 144 | 53 | 1177 | 529 | 648 | 100 : 122 | 32 | 42 | 1152 | 63 |
| Aug. | 26 | 37 | 1170 | 401 | 769 | 100 : 191 | 83 | 1021 | 486 | 535 | 100 : 110 | 32 | 39 | 1072 | 55 |
| Sept. | 23 | 42 | 821 | 340 | 481 | 100 : 141 | 89 | 693 | 350 | 343 | 100 : 98 | 21 | 30 | 789 | 42 |
| Okt. | 17 | 26 | 475 | 216 | 259 | 100 : 120 | 39 | 416 | 234 | 182 | 100 : 78 | 20 | 52 | 476 | 34 |
| Nov. | 4 | 25 | 306 | 150 | 156 | 100 : 104 | 62 | 206 | 142 | 64 | 100 : 45 | 16 | 60 | 281 | 26 |
| Dez. | 18 | 27 | 248 | 109 | 139 | 100 : 127 | 32 | 156 | 120 | 36 | 100 : 30 | 8 | 52 | 197 | 19 |
| Jahr | | | 715 | 294 | 421 | 100 : 143 | | 609 | 295 | 314 | 100 : 106 | | | 613 | |

[1]) N = Zahl der beobachteten Tage, wovon n sonnige, d. h. die Sonne warf Mittags $12^h$ einen Schatten, also $S_3$ oder $S_4$.

[2]) Die genaue Berechnung hat einige der vorläufigen Zahlen in: Deuxième Congrès des Jardins alpins, S. 31, verändert.

Digitized by Google

**Dekaden- und Monatsmittel der Mittagsbeobachtungen unter Berücksichtigung aller Tage.**

| Monat | Dekade | $J_g$ | $J_d$ | $J_s$ | S | B | | $J_g$ | $J_d$ | $J_s$ | S | B | $J_d : J_s$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sept. 05 | III | 358 | 358 | 00 | 1,0 | 9,0 | | 530 | 310 | 220 | 2,0 | 6,5 | 100 : 71 |
| Okt. | I | 488 | 272 | 216 | 3,0 | 5,9 | | | | | | | |
| | II | 431 | 219 | 212 | 3,2 | 4,2 | 27 | 413 | 244 | 169 | 2,7 | 5,8 | 100 : 69 |
| | III | 318 | 248 | 70 | 1,9 | 7,4 | | | | | | | |
| Nov. | I | 212 | 212 | 0 | 0,5 | 8,6 | | | | | | | |
| | II | 210 | 188 | 22 | 0,8 | 6,8 | 25 | 224 | 203 | 21 | 1,0 | 7,3 | 100 : 10 |
| | III | 277 | 225 | 52 | 1,6 | 6,5 | | | | | | | |
| Dez. | I | 279 | 201 | 78 | 2,3 | 3,6 | | | | | | | |
| | II | 237 | 123 | 114 | 3,6 | 1,5 | 27 | 237 | 144 | 93 | 3,2 | 2,8 | 100 : 65 |
| | III | 217 | 113 | 104 | 3,7 | 3,2 | | | | | | | |
| Jan. 06 | I | 272 | 179 | 93 | 2,5 | 6,3 | | | | | | | |
| | II | 296 | 208 | 88 | 2,5 | 5,4 | 31 | 279 | 181 | 98 | 2,8 | 4,8 | 100 : 54 |
| | III | 269 | 159 | 110 | 3,4 | 2,8 | | | | | | | |
| Febr. | I | 312 | 217 | 95 | 2,5 | 4,9 | | | | | | | |
| | II | 406 | 272 | 134 | 2,2 | 5,3 | 27 | 336 | 239 | 97 | 2,0 | 6,0 | 100 : 41 |
| | III | 268 | 223 | 45 | 1,3 | 7,7 | | | | | | | |
| März | I | 481 | 223 | 258 | 3,6 | 3,1 | | | | | | | |
| | II | 418 | 259 | 159 | 2,5 | 5,7 | 31 | 493 | 287 | 206 | 2,8 | 5,3 | 100 : 72 |
| | III | 539 | 354 | 185 | 2,3 | 7,0 | | | | | | | |
| April | I | 634 | 406 | 228 | 2,8 | 5,3 | | | | | | | |
| | II | 630 | 484 | 146 | 1,4 | 8,7 | 28 | 671 | 496 | 175 | 1,8 | 7,5 | 100 : 35 |
| | III | 755 | 610 | 145 | 1,3 | 8,5 | | | | | | | |
| Mai | I | 910 | 556 | 354 | 2,2 | 5,6 | | | | | | | |
| | II | 832 | 546 | 286 | 1,5 | 8,1 | 28 | 955 | 530 | 425 | 2,3 | 6,0 | 100 : 80 |
| | III | 1164 | 478 | 686 | 3,4 | 3,9 | | | | | | | |
| April 07 | I | 736 | 469 | 267 | 2,3 | 7,6 | | | | | | | |
| | II | 731 | 589 | 142 | 2,1 | 8,2 | 28 | 783 | 516 | 267 | 2,5 | 7,1 | 100 : 52 |
| | III | 871 | 505 | 366 | 3,0 | 5,6 | | | | | | | |
| Mai | I | 904 | 466 | 438 | 3,0 | 4,4 | | | | | | | |
| | II | 684 | 463 | 221 | 2,0 | 7,1 | 28 | 824 | 476 | 348 | 2,4 | 6,5 | 100 : 73 |
| | III | 900 | 496 | 404 | 1,9 | 7,5 | | | | | | | |
| Juni | I | 840 | 468 | 372 | 2,2 | 5,6 | | | | | | | |
| | II | 800 | 449 | 351 | 2,0 | 8,1 | 25 | 770 | 433 | 337 | 2,1 | 7,2 | 100 : 78 |
| | III | 656 | 376 | 280 | 2,1 | 8,4 | | | | | | | |
| Juli | I | 648 | 405 | 243 | 2,2 | 8,8 | | | | | | | |
| | II | 1166 | 473 | 693 | 3,5 | 4,6 | 31 | 939 | 452 | 487 | 2,7 | 7,0 | 100 : 108 |
| | III | 999 | 476 | 523 | 2,5 | 7,6 | | | | | | | |
| Aug. | I | 1158 | 497 | 661 | 3,2 | 6,6 | | | | | | | |
| | II | 1023 | 443 | 580 | 2,9 | 5,3 | 31 | 1008 | 450 | 558 | 3,0 | 5,9 | 100 : 124 |
| | III | 857 | 413 | 444 | 2,9 | 5,7 | | | | | | | |
| Sept. | I | 742 | 426 | 316 | 2,8 | 5,8 | | | | | | | |
| | II | 699 | 346 | 353 | 3,4 | 4,8 | 29 | 672 | 369 | 303 | 2,7 | 5,9 | 100 : 82 |
| | III | 577 | 332 | 245 | 2,0 | 7,1 | | | | | | | |

Digitized by Google

**Zusammenfassung.**

| | $J_g$ | $J_d$ | $J_s$ | S | B | $J_d : J_s$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Jan. | 279 | 181 | 98 | 2,8 | 4,8 | 100 : 54 |
| Febr. | 336 | 239 | 97 | 2,0 | 6,0 | 100 : 41 |
| März | 493 | 287 | 206 | 2,8 | 5,3 | 100 : 72 |
| April | 727 | 506 | 221 | 2,1 | 7,3 | 100 : 44 |
| Mai | 889 | 503 | 386 | 2,3 | 6,3 | 100 : 77 |
| Juni | 770 | 433 | 337 | 2,1 | 7,2 | 100 : 78 |
| Juli | 939 | 452 | 487 | 2,7 | 7,0 | 100 : 108 |
| Aug. | 1008 | 450 | 558 | 3,0 | 5,9 | 100 : 124 |
| Sept. | 672 | 369 | 303 | 2,7 | 5,9 | 100 : 82 |
| Okt. | 413 | 244 | 169 | 2,7 | 5,8 | 100 : 69 |
| Nov. | 224 | 203 | 21 | 1,0 | 7,3 | 100 : 10 |
| Dez. | 237 | 144 | 93 | 3,2 | 2,8 | 100 : 65 |
| Jahr | 582 | 334 | 248 | 2,5 | 6,0 | 100 : 74 |
| Vegetationsperiode Juni—Sept. | 847 | 426 | 421 | 2.6 | 6,5 | 100 : 99 |
| 11. Juni—20. Sept. | 875 | 430 | 445 | 2,6 | 6,6 | 100 : 104 |

Interessante Resultate bietet der Vergleich einer Höhenstation mit solchen der Ebene. Länger durchgeführte Mittagsbeobachtungen [1]) liegen nur für Wien und Kremsmünster vor. Die geographischen Breiten der 3 Stationen sind nicht sehr verschieden, Berninahospiz 46° 24′ 39″, Wien 48° 13′ und Kremsmünster 48° 3′ 23″, so dass die Sonnenhöhen nur wenig von einander abweichen. Wien hat eine Höhe über Meer von 170 m, Kremsmünster liegt in hügeliger Gegend in reiner staub- und rauchfreier Luft bei 384 m und das Berninahospiz bei 2309. Der Höhenunterschied ist also ca. 2000 m.

Vergleichen wir die Monatsmittel des Gesamtlichtes nach der vorliegenden Tabelle und übersichtlicher graphisch dargestellt in Fig. 2

Die Grosstadt mit ihrem Rauch und ihren Nebeln zeigt eine geringere Intensität als das freigelegene Kremsmünster. Eine Ausnahme machen der April, der 1893 in Wien ein besonders heller war, sowie Juli und August. Höher als die beiden Talstationen ist die Gesamtintensität auf dem Berninahospiz. Am stärksten kommt dies in den Wintermonaten zum Ausdruck, in welchen die Ebene von dichten Nebeln überlagert ist, während es in der Bergeshöhe klar ist. Da tritt uns speziell der Dezember entgegen: Wien 95, Berninahospiz 237 und der Januar, Wien 85, Berninahospiz 279, also auf der obern Station 2½ resp. 3 mal mehr Licht. Noch drastischer kommt es zum Ausdruck, wenn wir die absoluten Minima der Mittags-

[1]) Für Kiel liegen die schönen Beobachtungen von L. Weber vor, jedoch nach anderer mit dieser nicht vergleichbarer Methode.

Digitized by Google

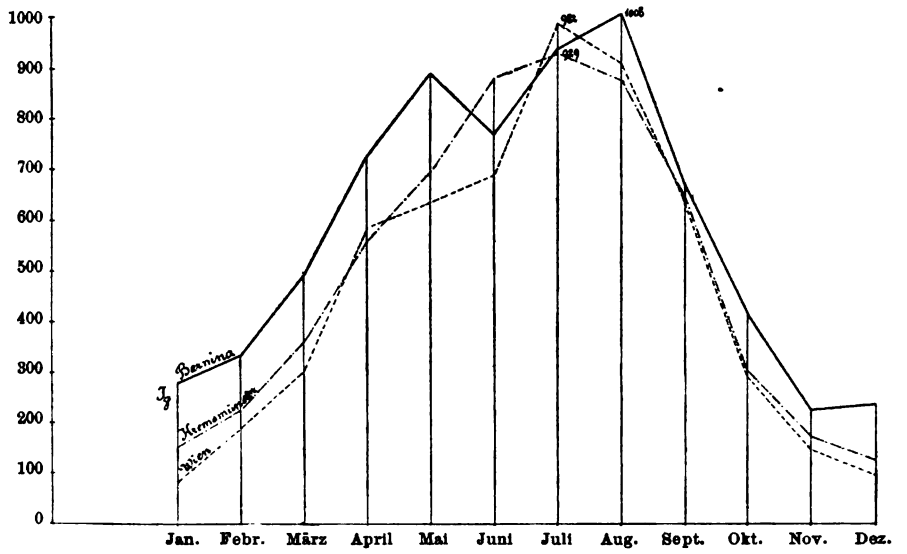



Fig. 2. Monatsmittel der Mittagsintensitäten des Gesamtlichtes aus allen Tagen.

beobachtungen vergleichen. Die geringsten Intensitäten des Winters weist Wien auf

am 5. Dez. 1893 [1]) bloss 7
am 17. Nov. 1894 bloss 9;

dagegen auf Berninahospiz

am 23. Juni 1907 85
am 17. Nov. 1905 114
am 28. Dez. 1905 123,

also das 12—16 fache.

Hiermit tritt uns die gepriesene Klarheit und Lichtfülle des Alpenwinters zahlenmässig in aller Deutlichkeit entgegen.

Dagegen sind die höchsten Intensitäten naturgemäss nicht so verschieden. Wiesner fand als Maximum in Wien 1500, in Buitenzorg 1600, Schwab in Kremsmünster sogar 1900; Weinzierl auf der Sandlingalpe bei 1400 m ü. M. 1800, ich auf dem Berninahospiz auch 1800. Für Wien ist das Verhältnis der niedersten zur höchsten Intensität 7 : 1500 = 1 : 214, für das Berninahospiz 85 : 1800 = 1 : 21.

Gehen wir nun über zu den Teilen des Gesamtlichtes; zum diffusen und zum direkten Sonnenlicht. Wiesner gibt diese Verhältnisse leider nur für vereinzelte Tage, hingegen Schwab für die Jahre 1901 und 1902 für alle sonnigen Tage, d. h. solche, an welchen $S_3$ oder $S_4$ beobachtet wurde, also das direkte Licht nicht gleich null ist.

[1]) l. c. S. 32.

Digitized by Google

Für die Pflanzen wäre es wertvoll, das Mittel aus allen Tagen zu haben, um den Anteil des direkten Sonnenlichtes zu bestimmen, wovon später, da Schwab dies nicht gibt.

Vergleichen wir also die Mittel der Mittagsintensitäten bei Sonnenschein (Fig. 3). Das Gesamtlicht weist nicht die grossen Differenzen auf, wie bei der ersten Tabelle, bei der man die in der Ebene häufigen intensiv trüben Tage berücksichtigt. Für Wien habe ich aus Wiesners

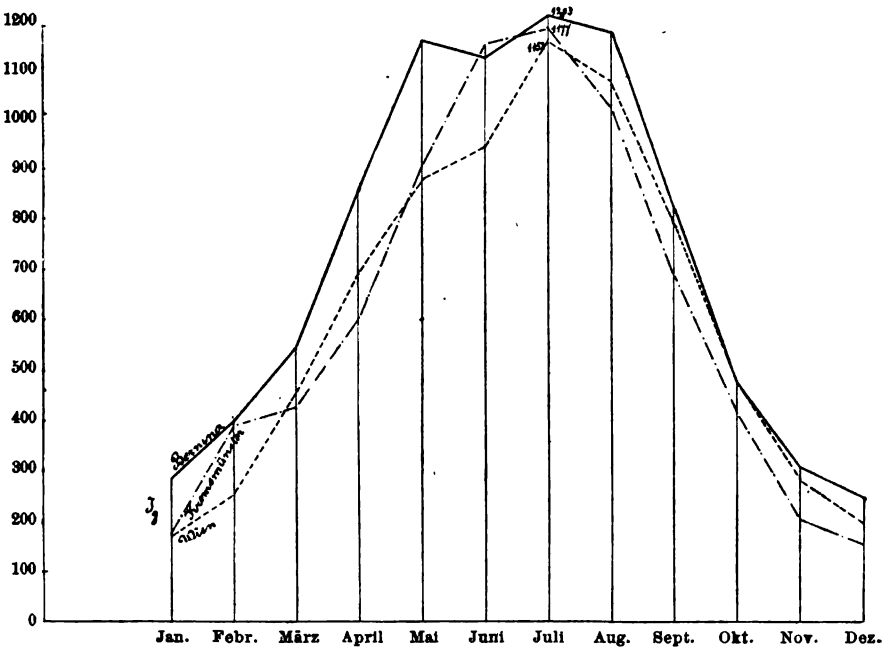



Fig. 3. Monatsmittel der Mittagsintensitäten des Gesamtlichtes bei Sonnenschein.

Tabellen die Mittel der Sonnentage herausgerechnet. Sie sind ebenso hoch und teilweise höher als die von Kremsmünster. Die von Berninahospiz sind noch höher, aber doch nicht so bedeutend wie bei Mitberücksichtigung der trüben Tage.

Das diffuse Licht (Fig. 5) ist in Kremsmünster und Berninahospiz fast gleich stark, eher in der Ebene stärker, das direkte (Fig. 4) in der Höhe aber ganz bedeutend stärker. Eine Depression in der Kurve im Sommer rührt davon her, dass 1907 einen sehr schlechten Juni und teilweise auch Juli hatte. Am klarsten sehen wir dies in der Tabelle und in der Kurve (Fig. 5), in der das Verhältnis des direkten zum diffusen ausgedrückt ist. Das diffuse ist gleich 100 gesetzt. Auf Berninahospiz sehen wir den Wert des direkten nur ein einziges Mal unter den des diffusen gehen, im Januar mit 93. In Kremsmünster dagegen

Digitized by Google

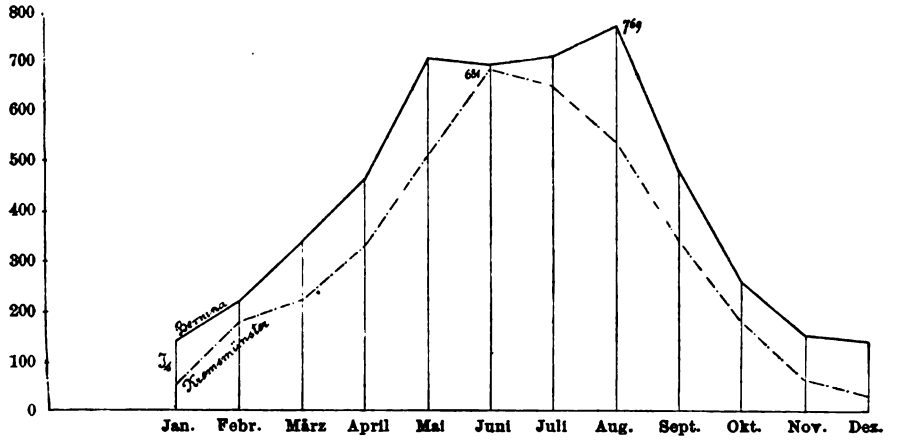



Fig. 4. Monatsmittel der Mittagsintensitäten des direkten Lichtes bei Sonnenschein.

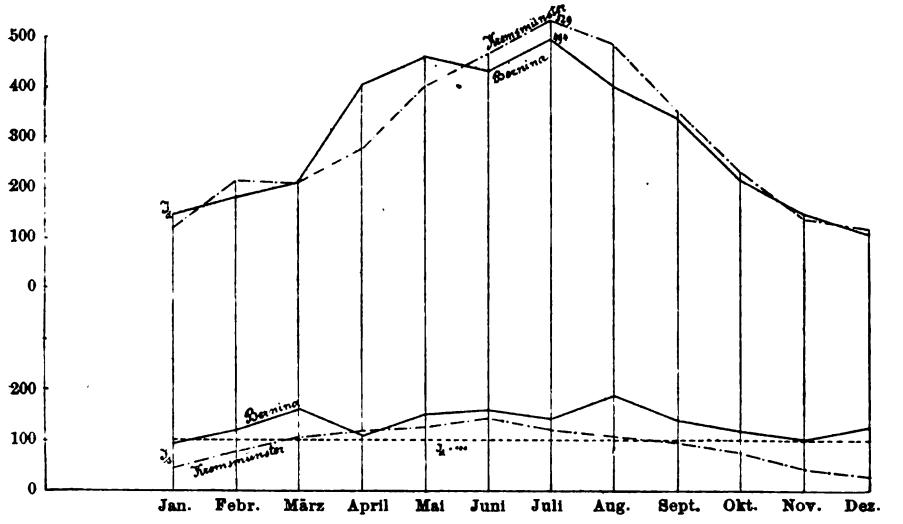



Fig. 5. Monatsmittel der Mittagsintensitäten des diffusen Lichtes bei Sonnenschein und Verhältnis des direkten zum diffusen Licht ($J_d = 100$ gesetzt).

liegt er 6 Monate lang, Sept.—Febr., darunter und zwar sehr stark. Im Dezember auf 30, das gegen die 127 des Dezembers 1905 auf Berninahospiz nicht einmal den vierten Teil ausmacht. Allerdings dürfte der überaus schöne Dezember 1905 auch über dem Mittel stehen.

Die ganze Zunahme der Lichtintensität von der Ebene zur alpinen Höhe fällt also auf das direkte Licht, das diffuse nimmt nicht zu, was auch begreiflich ist. Würden wir noch höher steigen, so würde sich das diffuse Licht immer stärker vermindern, da es nur soweit vorhanden ist als die Atmosphäre, durch die es erzeugt wird und an

Digitized by Google

deren Grenze es den Nullpunkt erreicht. Die Zunahme des direkten Lichtes muss aber grösser sein als die Verminderung des diffusen, da die von der Atmosphäre absorbierten Teile der Sonnenlichtstrahlung noch hinzukommen. Diese theoretische Überlegung wird durch die Messungen bestätigt.

Gehen wir über zur Tabelle, die die Monatsmittel sämtlicher Mittagsbeobachtungen gibt (Fig. 6). Das direkte Sonnenlicht spielt

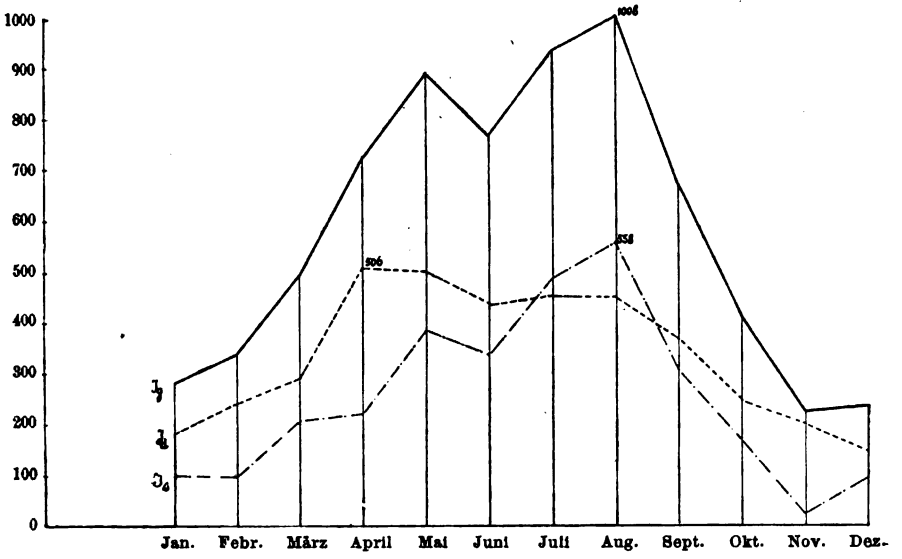



Fig. 6. Monatsmittel der Mittagsintensitäten des gesamten, direkten und diffusen Lichtes aus allen Tagen.

auch hier noch eine hervorragende Rolle, im Juli und August steigt die Kurve des direkten sogar über die des diffusen, was in der Ebene jedenfalls nie vorkäme. Im Mittel des ganzen Jahres verhält sich das diffuse zum direkten Licht wie 100 : 74 und ziehen wir die Vegetationsperiode in Betracht, auf die es für den Pflanzenwuchs ankommt, so erreicht das direkte Licht sogar denselben Wert wie das diffuse.

## 5. Kapitel.

## Ganztägige Beobachtungen.

Um den täglichen Gang der Lichtintensitäten kennen zu lernen, führte ich Messungen durch, von denen eine Reihe im folgenden mitgeteilt ist. Ich wählte vorzugsweise dauernd klare oder dauernd trübe Tage, damit die alle Stunden oder Halbstunden ausgeführten Messungen annähernd das richtige Bild des Intensitätsganges geben. An Tagen,

Digitized by Google

wo Wolken oft an der Sonne vorbeiziehen, wechselt die Intensität von Minute zu Minute oft in starkem Masse. Es sind auch einige Beispiele von ungleichmässigen Tagen durchgeführt, um die Schwankungen zu zeigen.

**Ganztägige Lichtbeobachtungen.**

| Stunde | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 22. Aug. 1905 | | | |
| $7^h$ | 3—4 | | 19° 0′ | 360 | 100 | 260 |
| 7 30 | 3—4 | | 24 5 | 550 | 140 | 410 |
| 8 | 3—4 | | 29 9 | 670 | 160 | 510 |
| 8 30 | 3—4 | | 33 59 | 700 | 190 | 510 |
| 9 30 | 3—4 | | 43 3 | 710 | 230 | 480 |
| 10 | 3—4 | | 47 14 | 960 | 280 | 680 |
| 11 | 3—4 | | 53 17 | 1390 | 360 | 1030 |
| 12 | 3—4 | | 55 33 | 1250 | 420 | 830 |
| 1 | 3—4 | | 53 17 | 900 | 360 | 540 |
| 1 30 | 4 | | 50 16 | 960 | 280 | 680 |
| 2 | 4 | | 47 14 | 900 | 210 | 690 |
| 2 30 | 3—4 | | 43 3 | 830 | 250 | 580 |
| 3 | 4 | | 38 49 | 660 | 210 | 450 |
| 3 30 | 4 | | 33 59 | 570 | 230 | 340 |
| 4 | 2—3 | | 29 9 | 500 | 250 | 250 |
| 5 | 0 Gewitter | | 19 0 | 18 | 18 | 0 |
| 6 | 4 | | 8 41 | 310 | 100 | 210 |
| | | | Lichtsumme | 360 | $S_d$ 112 | $S_s$ 248 |
| | | | 1. Sept. 1905 | | | |
| 8 | 4 | 0 | 26 6 | 450 | 100 | 350 |
| 9 | 4 | 1 | 36 7 | 560 | 120 | 440 |
| 9 40 | 4 | 1 | 41 31 | 580 | 130 | 450 |
| 10 40 | 4 | 1 | 48 5 | 750 | 170 | 580 |
| 11 40 | 4 | 1 | 51 24 | 870 | 190 | 680 |
| 12 40 | 4 | 2 | 50 42 | 750 | 170 | 580 |
| 1 10 | 4 | 3 | 48 26 | 600 | 130 | 470 |
| 1 40 | 4 | 3 | 46 10 | 490 | 120 | 370 |
| 2 40 | 3—4 | 6 | 38 49 | 450 | 140 | 310 |
| 3 40 | 3 | 7 | 29 26 | 280 | 200 | 80 |
| 4 40 | 3 | 6 | 19 42 | 190 | 110 | 80 |
| 5 10 | 3—4 | 4 | 14 42 | 92 | 82 | 10 |
| 5 40 | 0 | 3 | 9 41 | 50 | 50 | 0 |
| 6 40 | — | 8 | | 1 | | |
| | | | Lichtsumme | 226 | $S_d$ 63 | $S_s$ 163 |
| | | | 2. Sept. 1905 | | | |
| $5^h$ 30 | — | 0 | 0° 54′ | 25 | 25 | 0 |
| 6 | 4 | 0 | 6 0 | 62 | 50 | 12 |
| 6 10 | 4 | 0 | 7 42 | 83 | 55 | 28 |
| 6 15 | 4 | 0 | 8 33 | 125 | 62 | 63 |

Digitized by Google

| Stunde | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2. Sept. 1905. | | | | |
| 6h 30 | 4 | 0 | 11° 6′ | 165 | 75 | 90 |
| 7 | 4 | 0 | 16 12 | 250 | 83 | 167 |
| 7 30 | 4 | 1 | 21 15 | 310 | 100 | 210 |
| 8 30 | 4 | 1 | 31 2 | 500 | 125 | 375 |
| 9 30 | 4 | 1 | 39 51 | 630 | 210 | 420 |
| 10 30 | 3—4 | 1 | 46 46 | 630 | 210 | 420 |
| 11 | 4 | 1 | 49 39 | 700 | 210 | 490 |
| 11 30 | 3—4 | 2 | 50 42 | 950 | 250 | 700 |
| 12 30 | 3—4 | 3 | 50 42 | 780 | 250 | 530 |
| 1 30 | 3 | 5 | 46 46 | 500 | 280 | 220 |
| 2 30 | 3 | 7 | 39 51 | 500 | 310 | 190 |
| 3 30 | 3 | 10 | 31 2 | 310 | 250 | 60 |
| 4 30 | 1 | 10 | 21 15 | 140 | 140 | 0 |
| 5 30 | 0 | 10 | 11 6 | 37 | 37 | 0 |
| 6 30 | — | 5 | 0 54 | 5 | | |
| | | | Lichtsumme | 227 | $S_d$ 97 | $S_s$ 127 |
| | | 16. Sept. 1905 | | | | |
| 7h | 0 | 9 | 12° 26′ | 62 | 62 | 0 |
| 8 | 0 | 9 | 22 58 | 192 | 192 | 0 |
| 9 | 3—4 | 7 cu st | 31 31 | 560 | 420 | 140 |
| 9 30 | 2—3 | 5 „ | 35 24 | 560 | 420 | 140 |
| 10 | 4 | 5 „ | 39 16 | 690 | 420 | 270 |
| 11 | 1 | 7 „ | 44 36 | 420 | 420 | 0 |
| 11 30 | 4 | 5 st | 45 33 | 850 | 500 | 350 |
| 12 40 | 3—4 | 6 st ni | 45 14 | 850 | 620 | 230 |
| 1 | 0 | 9 st | 44 36 | 420 | 420 | 0 |
| 1 05 | 2—3 | 9 | 44 9 | 550 | 500 | 50 |
| 2 | 2—3 | 8 st Nebel | 39 16 | 440 | 420 | 20 |
| 3 | 0 | 9 „ „ | 31 31 | 310 | 310 | 0 |
| 4 30 | 0 | 10 „ „ | 27 12 | 100 | 100 | 0 |
| | | | Lichtsumme | 176 | $S_d$ 136 | $S_s$ 40 |
| | | 19. Sept. 1905 | | | | |
| 7h | 0 | 10g Regen | 11° 35′ | 21 | | |
| 8 | 0 | 10g Nebel | 21 30 | 250 | | |
| 9 | 1 | 10 | 30 35 | 350 | | |
| 10 | 1 | 5 Nebel cicu st | 38 13 | 350 | | |
| 11 | 0 | 10 | 43 30 | 310 | | |
| 11 30 | 0 | 10 Regen | 44 26 | 125 | | |
| 12 30 | 0 | 10 „ | 45 18 | 250 | | |
| 2 | 3 | 5 | 38 13 | 440 | | |
| 3 | 0 | 8 Nebel | 30 35 | 125 | | |
| 4 | 0 | 5 „ ci st | 21 30 | 167 | | |
| 4 30 | 0 | 7 | 16 32 | 62 | | |
| | | | Lichtsumme | 102 | | |

Digitized by Google

| Stunde | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 24. Sept. 1905 | | | | |
| 8h 30 | 0 | 10² Schnee | 24° 31′ | 83 | | |
| 9 30 | 0 | 10² „ | 32 46 | 180 | | |
| 10 30 | 0 | 10² „ | 39 6 | 140 | | |
| 11 30 | 0 | 10² „ | 42 35 | 180 | | |
| 12 | 0 | 10¹ „ | 43 30 | 350 | | |
| 12 30 | 0 | 10² „ | 42 35 | 100 | | |
| 1 | 0 | 10¹ Regen | 41 41 | 280 | | |
| 2 | 0 | 10² „ | 36 31 | 69 | | |
| 3 | 0 | 10² „ | 29 1 | 109 | | |
| 4 | 0 | 10² „ | 20 2 | 100 | | |
| 5 | — | 10² „ | 10 14 | 11 | | |
| 5 15 | — | 10² „ | 7 38 | 10 | | |
| 5 30 | — | 10² „ | 5 2 | 10 | | |
| 5 45 | — | 10² „ | 2 26 | 4 | | |
| | | | Lichtsumme | 63 | | |
| | | 26. Sept. 1905 | | | | |
| 7h | 3 | 2 | 9° 37′ | 111 | 100 | 11 |
| 8 | 1 | 7° | 19 26 | 250 | | |
| 9 | 1 | 6° | 28 21 | 310 | | |
| 10 | 0 | 10° | 35 47 | 500 | | |
| 12 | 1 | 10° | 42 37 | 500 | | |
| 1 | 1 | 10° | 40 53 | 360 | | |
| 3 | 0 | 8 | 28 21 | 83 | | |
| 4 | 0 | 10 | 19 26 | 69 | | |
| 5 | — | 10 Nebel, Regen | 9 37 | 21 | | |
| | | | Lichtsumme | 92 | | |
| | | 7. Okt. 1905 | | | | |
| 7h 20 | 0 | 7° | 9° 38′ | 83 | 83 | 0 |
| 8 | 3 | 5° | 16 1 | 148 | 125 | 23 |
| 9 | 3 | 5° | 24 45 | 440 | 250 | 190 |
| 10 | 4 | 1° | 31 54 | 500 | — | — |
| 11 | 3 | 3 | 36 42 | 320 | 250 | 70 |
| 12 | 4 | 1 | 38 23 | 620 | 180 | 440 |
| 1 | 3—4 | 1 | 36 42 | 440 | 140 | 300 |
| 2 | 4 | 1 | 31 54 | 550 | 167 | 383 |
| 3 | 4 | 1 | 24 45 | 370 | 114 | 256 |
| 4 | ⊙ unter | 1 | 16 1 | 100 | | |
| 5 | | 1 | 6 27 | 42 | | |
| | | | Lichtsumme | 151 | $S_d$ 71 | $S_s$ 80 |
| | | 8. Okt. 1905 | | | | |
| 8h 20 | 3 | 4 cicu | 18° 37′ | 111 | 100 | 11 |
| 9 | 2 | 9 „ | 24 25 | 310 | 310 | 0 |
| 10 | 3 | 3 „ | 31 30 | 370 | 208 | 162 |
| 11 | 4 | 1 | 36 17 | 440 | 170 | 270 |

Digitized by Google

| Stunde | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 8. Okt. 1905 | | | | |
| 12h | 4 | 6° cicu | 37° 59′ | 650 | 310 | 340 |
| 1 | 3 | 9° | 36 17 | 370 | 250 | 120 |
| 2 | 3—4 | 9 cu st | 31 30 | 370 | 310 | 60 |
| 3 | 1 | 10 | 24 25 | 280 | 280 | 0 |
| 4 | — | 6 | 15 43 | 125 | | |
| 5 | — | 5 | 6 7 | 38 | | |
| | | | Lichtsumme | 128 | $S_d$ 88 | $S_s$ 40 |
| | | 18. Okt. 1905 | | | | |
| 7h | ⊙ noch nicht aufgegang. | 0 | 3° 23′ | 28 | | |
| 7 10 | 4 | 0 | 4 57 | 28 | 28 | 0 |
| 7 30 | 4 | 0 | 8 6 | 37 | 36 | 1 |
| 8 | 4 | 0 | 12 48 | 74 | 50 | 24 |
| 8 30 | 4 | 0 | 17 3 | 185 | 69 | 116 |
| 9 | 4 | 0 | 21 18 | 202 | 76 | 126 |
| 9 30 | 4 | 0—1 | 24 44 | 222 | 82 | 140 |
| 10 | 4 | 1 | 28 11 | 235 | 89 | 146 |
| 10 30 | 4 | 1 | 30 25 | 280 | 125 | 155 |
| 11 | 4 | 2 Streifen in S u. N | 32 38 | 400 | 190 | 210 |
| 11 30 | 4 | 3° „ | 33 27 | 480 | 250 | 230 |
| 12 | 3 | 6° | 34 17 | 370 | 280 | 90 |
| 12 30 | 3 | 7° | 33 27 | 490 | 360 | 130 |
| 1 | 3—4 | 9° | 32 38 | 480 | 310 | 170 |
| 1 30 | 3—4 | 6° | 30 25 | 440 | 280 | 160 |
| 2 | 3—4 | 5° | 28 11 | 440 | 280 | 160 |
| 2 30 | 4 | 4° | 24 44 | 460 | 260 | 200 |
| 3 | 3 | 3° | 21 18 | 280 | 125 | 155 |
| 3 30 | 4 | 3° | 17 3 | 225 | 125 | 100 |
| 3 45 | — | 3° | 14 55 | 139 | | |
| 4 | — | 3° | 12 48 | 125 | | |
| 4 30 | — | 1° | 8 6 | 83 | | |
| 5 | — | 1° | 3 23 | 41 | | |
| 5 30 | — | 1° | | 6 | | |
| | | | Lichtsumme | 116 | $S_d$ 68 | $S_s$ 48 |
| | | 15. Nov. 1905 | | | | |
| 8h | 4 | 0 | 5° 48′ | 83 | 83 | 0 |
| 8 30 | 4 | 0 | 9 47 | 185 | 132 | 53 |
| 9 | 4 | 0 | 13 47 | 202 | 139 | 63 |
| 9 30 | 4 | 0 | 16 54 | 247 | 157 | 90 |
| 10 | 4 | 1° | 20 0 | 280 | 167 | 113 |
| 10 30 | 4 | 2° | 22 3 | 280 | 125 | 155 |
| 11 | 4 | 2° | 24 6 | 440 | 125 | 315 |
| 11 30 | 3—4 | 2° | 24 48 | 400 | 240 | 160 |
| 12 | 3—4 | 3° | 25 29 | 330 | 223 | 107 |
| 1 | 0 | 8° | 24 6 | 310 | 310 | 0 |
| 2 | 3 | 9° | 20 0 | 320 | 230 | 90 |



Digitized by Google

| Stunde | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 15. Nov. 1905 | | | |
| 2h 30 | 1 | 8° | 16° 54′ | 250 | 250 | 0 |
| 3 | ⊙ unter | 8° | 13 47 | 190 | | |
| 3 30 | | 8° | 9 47 | 125 | | |
| 4 | | 8 | 5 48 | 62 | | |
| 4 45 | | 8 | | 12 | | |
| | | | Lichtsumme | 93 | $S_d$ 64 | $S_s$ 29 |
| | | | 25. Nov. 1905 | | | |
| 8h | ⊙ noch nicht aufgegang. | 0 | 3° 56′ | 25 | | |
| 8 30 | 4 | 0 | 7 48 | 50 | — | — |
| 9 | 4 | 0 | 11 41 | 156 | 83 | 73 |
| 9 30 | 4 | 0 | 14 44 | 230 | 104 | 126 |
| 10 | 4 | 0 | 17 47 | 270 | 107 | 163 |
| 10 30 | 4 | 0 | 19 42 | 280 | 110 | 170 |
| 11 | 4 | 0 | 21 37 | 290 | 117 | 173 |
| 11 30 | 4 | 0 | 22 18 | 300 | 125 | 175 |
| 12 | 4 | 0 | 23 0 | 300 | 130 | 170 |
| 1 | 4 | 0 | 21 37 | 285 | 115 | 170 |
| 2 | 4 | 0 | 17 47 | 208 | 100 | 108 |
| 2 30 | 4 | 0 | 14 44 | 200 | 83 | 117 |
| 2 35 | ⊙ unter | 0 | 14 14 | 83 | | |
| 3 | | 0 | 11 41 | 80 | | |
| 4 | | 1 | 3 56 | 41 | | |
| 4 30 | | 2 | | 15 | | |
| | | | Lichtsumme | 76 | $S_d$ 38 | $S_s$ 38 |
| | | | 3. Dez. 1905 | | | |
| 9h | 4 | 0 | 10° 28′ | 83 | 50 | 33 |
| 10 | 4 | 0 | 16 30 | 250 | 83 | 167 |
| 11 | 4 | 0 | 20 15 | 290 | 100 | 190 |
| 12 | 4 | 0 | 21 31 | 330 | 147 | 183 |
| 1 | 4 | 0 | 20 15 | 310 | 113 | 197 |
| 2 | 2—3 | 0—10 leicht Nebel | 16 30 | 180 | 180 | 0 |
| 3 | ⊙ unter | 10 Nebel | 10 28 | 62 | | |
| | | | Lichtsumme | 63 | $S_d$ 31 | $S_s$ 32 |
| | | | 5. Dez. 1905 | | | |
| 8h | — | 0 | 2° 11′ | 31 | | |
| 8 20 | 4 | 0 | 4 52 | 70 | 41 | 29 |
| 8 45 | 4 | 0 | 8 13 | 104 | 68 | 36 |
| 9 45 | 4 | 0 | 14 44 | 210 | 95 | 115 |
| 10 45 | 4 | 0 | 19 4 | 330 | 140 | 190 |
| 11 30 | 4 | 0 | 20 40 | 340 | 143 | 197 |
| 12 | 4 | 0 | 21 14 | 350 | 163 | 187 |
| 12 45 | 4 | 0 | 20 20 | 340 | 130 | 210 |
| 1 45 | 4 | 0 | 17 10 | 280 | 110 | 170 |

Digitized by Google

| Stunde | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 5. Dez. 1905 | | | |
| 2h 15 | 4 | 0 | 14° 44′ | 208 | 102 | 106 |
| 2 25 | ⊙ unter | 0 | 13 44 | 95 | | |
| 3 | | 0 | 10 14 | 62 | | |
| | | | Lichtsumme ca. | 72 | $S_d$ 33 | $S_s$ 39 |
| | | | 6. Dez. 1905 | | | |
| 8h 20 | | 0 | 5° 1′ | 40 | | |
| 9 | 4 | 0 | 10 5 | 125 | 71 | 54 |
| 10 | 4 | 0 | 16 3 | 208 | 95 | 113 |
| 11 | 4 | 0 | 19 49 | 230 | 102 | 128 |
| 12 | 4 | 0 | 21 6 | 271 | 123 | 148 |
| 1 | 4 | 0 | 19 49 | 250 | 102 | 148 |
| 2 | 4 | 0 | 16 3 | 178 | 88 | 90 |
| 2 30 | 4 | 0 | 13 4 | 145 | 62 | 83 |
| 2 40 | ⊙ unter | 0 | 12 4 | 55 | | |
| 3 | | 1 | 10 5 | 48 | | |
| 4 | | 1 | 2 30 | 26 | | |
| 4 30 | | 1 | | 7 | | |
| | | | Lichtsumme | 60 | $S_d$ 29 | $S_s$ 31 |
| | | | 8. Dez. 1905 | | | |
| 8h | — | 0 | 2° 18′ | 24 | | |
| 8 15 | — | 1 | 4 12 | 48 | | |
| 8 30 | 4 | 1 | 6 5 | 56 | 42 | 14 |
| 9 | 4 | 1 | 9 52 | 125 | 80 | 45 |
| 10 | 4 | 1 | 15 48 | 208 | 95 | 113 |
| 11 | 4 | 1 | 19 38 | 310 | 116 | 194 |
| 12 | 3—4 | 1 | 20 52 | 283 | 134 | 149 |
| 1 | 3—4 | 1 | 19 38 | 208 | 110 | 98 |
| 2 | 3—4 | 1 | 15 48 | 210 | 95 | 115 |
| 2 30 | 3—4 | 2 | 12 50 | 208 | 95 | 113 |
| 2 40 | ⊙ unter | 2 ci st | 11 50 | 102 | | |
| 3 | | 3 weiss schimmernd | 9 52 | 110 | | |
| 4 | | 5° | 2 18 | 48 | | |
| 4 30 | | | | 14 | | |
| | | | Lichtsumme | 68 | $S_d$ 34 | $S_s$ 34 |
| | | | 9. Dez. 1905 | | | |
| 9h | 0 | 9 | 9° 47′ | 125 | | |
| 10 | 0 | 9 | 15 45 | 227 | | |
| 10 30 | 0 | 9 | 17 38 | 238 | | |
| 11 | 0 | 9 | 19 31 | 310 | | |
| 12 | 0 | 7 | 20 46 | 272 | | |
| 1 | 2—3 | 9 | 19 31 | 330 | 310 | 20 |
| 2 | 2 | 5 | 15 45 | 310 | | |
| 2 30 | 1 | 6 | 12 46 | 220 | | |
| 3 | — | 6 | 9 47 | 200 | | |
| 4 | — | 6 | 2 15 | 62 | | |
| 4 30 | — | 7 | | 10 | | |
| | | | Lichtsumme | 77 | | |

Digitized by Google

| Stunde | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 10. Jan. 1906 | | | | |
| 8h | — | 3 cicu | 2° 47′ | 50 | | |
| 8 30 | 2 | 4 cicu | 6 35 | 104 | | |
| 9 | 2 | 6° | 10 24 | 208 | | |
| 10 | 4 | 2 | 16 25 | 450 | 187 | 263 |
| 11 | 3—4 | 1 | 20 14 | 480 | 187 | 293 |
| 12 | 3—4 | 2 | 21 30 | 450 | 155 | 295 |
| 1 | 4 | 1 im Engadin | 20 14 | 450 | 155 | 295 |
| 2 | 3—4 | 1 | 16 25 | 370 | 155 | 215 |
| 2 30 | — | 2 st | 13 25 | 139 | | |
| 3 | — | 1 | 10 24 | 125 | | |
| 3 30 | — | 1 | 6 35 | 83 | | |
| 4 | — | 1 | 2 47 | 62 | | |
| 4 30 | — | 1 | | 6 | | |
| | | | Lichtsumme | 110 | $S_d$ 53 | $S_s$ 57 |
| | | 11. Jan. 1906 | | | | |
| 8h | — | 1 | 2° 50′ | 41 | | |
| 8 30 | 3—4 | 1 | 6 40 | 156 | 104 | 52 |
| 9 10 | 3 | 1 | 11 30 | 125 | 88 | 37 |
| 10 | 3 | 3 st cicu | 16 31 | 178 | 125 | 53 |
| 11 | 2 | 7° st im Puschl., ci Nebel | 20 20 | 310 | | |
| 12 | 2 | 10° dünner Nebel | 21 37 | 420 | | |
| 1 | 1 | 10° | 20 20 | 220 | | |
| 2 | 0 | 10 | 16 31 | 208 | | |
| 3 | — | 9 | 10 30 | 104 | | |
| 4 | — | 6° | 2 50 | 31 | | |
| | | | Lichtsumme | 68 | $S_d$ 62 | $S_s$ 6 |
| | | 12. Jan. 1906 | | | | |
| 7h 30 | — | 1 st im Puschl. | | 4 | | |
| 8 | — | 1 | 3° 2′ | 36 | | |
| 8 30 | 3 | 1 | 6 50 | 104 | 104 | 0 |
| 9 | 3—4 | 1 | 10 39 | 250 | 125 | 125 |
| 10 | 2 | 2—10° feiner Dunst | 16 12 | 310 | 310 | 0 |
| 11 | 2—3 | 2—10° | 20 30 | 380 | 270 | 110 |
| 12 | 2—3 | 2—10° | 21 47 | 340 | 230 | 110 |
| 1 | 2—3 | 2—10° | 20 30 | 310 | 250 | 60 |
| 2 | 2 | 10° | 16 12 | 178 | | |
| 3 | — | 10° | 10 39 | 125 | | |
| 4 | — | 10 | 3 2 | 21 | | |
| | | | Lichtsumme | 81 | $S_d$ 64 | $S_s$ 17 |
| | | 15. Jan. 1906 | | | | |
| 7h 30 | — | 0 | | 14 | | |
| 8 | — | 0 | 3° 26′ | 47 | | |
| 8 05 | 4 | 0 | 4 4 | 96 | 96 | 0 |
| 8 30 | 4 | 0 | 7 16 | 170 | 100 | 70 |
| 9 | 4 | 0 | 11 6 | 200 | 100 | 100 |

Digitized by Google

| Stunde | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 15. Jan. 1906 | | | |
| 10h | 4 | 0 | 17° 8′ | 380 | 133 | 247 |
| 11 | 4 | 0 | 21 2 | 420 | 143 | 277 |
| 12 | 4 | 0 | 22 18 | 420 | 143 | 277 |
| 1 | 4 | 0 | 21 2 | 380 | 125 | 255 |
| 2 | 4 | 0 | 17 8 | 280 | 125 | 155 |
| 2 29 | 4 | 0 | 14 13 | 200 | | |
| 2 31 | — | 0 | 14 1 | 111 | | |
| 3 | — | 0 | 11 6 | 100 | | |
| 4 | — | 0 | 3 26 | 33 | | |
| | | | Lichtsumme | 95 | $S_d$ 39 | $S_s$ 56 |
| | | | 16. Jan. 1906 | | | |
| 8h | | | 3° 33′ | 50 | | |
| 9 | 2 | 1—10° | 11 17 | 125 | | |
| 10 | 2 | 2—10° | 17 22 | 100 | | |
| 11 | 3 | 2—10° | 21 13 | 250 | 167 | 83 |
| 12 | 2—3 | 1—10° | 22 29 | 250 | 220 | 30 |
| 1 | 3—4 | 3 | 21 13 | 330 | 200 | 130 |
| 2 | 4 | 2 | 17 22 | 250 | 125 | 125 |
| 3 | — | 1 | 11 17 | 83 | | |
| 3 30 | — | 1 | 7 25 | 50 | | |
| 4 | — | 1 | 3 33 | 22 | | |
| | | | Lichtsumme | 61 | $S_d$ 46 | $S_s$ 15 |
| | | | 20. Jan. 1906 | | | |
| 7h 40 | — | 10 | 1° 20′ | 17 | | |
| 8 | — | 10° | 4 14 | 40 | | |
| 9 | 1 | 10 | 11 59 | 143 | | |
| 10 30 | 1 | 10 | 20 2 | 208 | | |
| 11 | 0—1 | 10 | 22 0 | 208 | | |
| 12 | 2—3 | 9 | 23 18 | 200 | 167 | 33 |
| 1 | 2 | 5 | 22 0 | 152 | | |
| 2 | 3—4 | 3° | 18 5 | 200 | 100 | 100 |
| 3 | — | 3 | 11 59 | 67 | | |
| | | | Lichtsumme | 52 | | |
| | | | 11. Febr. 1906 | | | |
| 7h 35 | 4 | $2^{0-1}$ Federw. | 5° 0′ | 55 | | |
| 8 | 4 | $2^{0-1}$ | 9 0 | 96 | | |
| 9 | 4 | $1^1$ | 17 12 | 167 | 110 | 57 |
| 10 | 4 | $4^1$ | 23 42 | 265 | 175 | 90 |
| 11 | 4 | $3^1$ | 27 55 | 330 | 160 | 170 |
| 12 | 4 | $4^1$ | 29 22 | 460 | 210 | 250 |
| 1 | 3—4 | $7^1$ | 27 55 | 330 | 160 | 170 |
| 2 | 3—4 | $7^1$ | 23 42 | 215 | 150 | 65 |
| 3 | 2—3 | $6^1$ | 17 12 | 167 | 133 | 34 |
| | | | Lichtsumme | 87 | $S_d$ 52 | $S_s$ 35 |

Digitized by Google

| Stunde | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 18. Febr. 1906. | | | |
| $7^h$ | — | 1 | 1° 32′ | 60 | | |
| 8 | 4 | 1 | 10 51 | 167 | 133 | 34 |
| 9 | 4 | 0—1 | 19 10 | 240 | 160 | 80 |
| 10 | 4 | 0 | 25 49 | 390 | 200 | 190 |
| 11 | 4 | 0 | 30 15 | 500 | 225 | 275 |
| 12 | 4 | 0 | 31 45 | 600 | 260 | 340 |
| 1 | 4 | 0 | 30 15 | 450 | 220 | 230 |
| 2 | 4 | 1 | 25 49 | 410 | 208 | 202 |
| 3 | 2—3 | $3^{0-1}$ | 19 10 | 260 | 185 | 75 |
| 4 | — | $5^{0-1}$ | 10 51 | 125 | | |
| 4 30 | — | $5^{0-1}$ | 6 11 | 56 | | |
| | | | Lichtsumme | 135 | $S_d$ 76 | $S_s$ 59 |
| | | | 21. März 1906 | | | |
| $7^h$ | 1 | $10^1$ | 10° 17′ | 105 | | |
| 8 | 1—2 | $10^1$ | 20 10 | 175 | | |
| 9 | 1 | $10^1$ | 29 11 | 280 | | |
| 10 | 0—1 | $10^1$ | 36 40 | 330 | | |
| 11 | 0—1 | $10^1$ | 41 45 | 380 | | |
| 12 | 0—1 | $10^1$ | 43 35 | 500 | | |
| 1 | 0—1 | $10^1$ | 41 45 | 380 | | |
| 2 | 0—1 | $10^1$ | 36 40 | 290 | | |
| 3 | 0—1 | $10^1$ | 29 11 | 190 | | |
| 4 | 0 | $10^1$ | 20 10 | 152 | | |
| 5 | — | $10^1$ | 10 17 | 60 | | |
| 6 | — | $10^1$ | 0 | 4 | | |
| | | | Lichtsumme | 119 | | |
| | | | 28. März 1906 | | | |
| $7^h$ | 4 | 1 | 12° 19′ | 73 | 60 | 13 |
| 8 | 4 | 0—1 | 22 16 | 160 | 96 | 64 |
| 9 | 4 | 0—1 | 31 23 | 330 | 130 | 200 |
| 10 | 4 | 0—1 | 39 08 | 430 | 150 | 280 |
| 11 | 4 | 0—1 | 44 23 | 480 | 180 | 300 |
| 12 | 4 | 0—1 | 46 19 | 600 | 200 | 400 |
| 1 | 4 | 0—1 | 44 23 | 450 | 170 | 280 |
| 2 | 4 | 1 | 39 08 | 410 | 150 | 260 |
| 3 | 4 | 1 | 31 23 | 340 | 130 | 210 |
| 4 | 4 | 1 | 22 16 | 220 | 90 | 130 |
| 5 | 4 | 1 | 12 19 | 73 | 60 | 13 |
| 6 | — | 1 | 1 57 | 41 | | |
| | | | Lichtsumme | 150 | $S_d$ 60 | $S_s$ 90 |
| | | | 12. April 1906 | | | |
| $6^h$ | 4 | 0 | 6° 05′ | 91 | 76 | 15 |
| 7 | 4 | 0 | 16 27 | 230 | 130 | 100 |
| 8 | 4 | 0 | 26 33 | 380 | 180 | 200 |
| 9 | 4 | 0 | 36 03 | 600 | 230 | 370 |

Digitized by Google

| Stunde | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **12. April 1906** | | | | |
| 10h | 4 | $1^{0-1}$ | 44° 13′ | 640 | 240 | 400 |
| 11 | 4 | $1^{0-1}$ | 49 57 | 700 | 250 | 450 |
| 12 | 4 | $1^{0-1}$ | 52 10 | 830 | 260 | 570 |
| 1 | 4 | $1^{0-1}$ | 49 57 | 700 | 260 | 440 |
| 2 | 4 | $1^{0-1}$ | 44 13 | 600 | 200 | 400 |
| 3 | 2 | $5^{0-1}$ | 36 03 | 260 | 260 | 0 |
| 4 | 4 | $3^{0-1}$ | 26 33 | 360 | 160 | 200 |
| 5 | 3 | $3^{0-1}$ | 16 27 | 122 | 96 | 26 |
| 6 | — | $5^{1}$ | 6 05 | 40 | | |
| | | | Lichtsumme | 231 | $S_d$ 99 | $S_s$ 132 |
| | | **4. Mai 1906** | | | | |
| 5h 40 | 4 | 0 | 8° 08′ | 150 | 100 | 50 |
| 6 40 | 4 | 0 | 18 08 | 450 | 200 | 250 |
| 7 | 4 | 0 | 21 33 | 530 | 230 | 300 |
| 8 | 4 | 0 | 31 51 | 830 | 260 | 570 |
| 9 | 4 | 0 | 41 41 | 1130 | 300 | 830 |
| 10 | 4 | 1 ci im Eng. | 50 29 | 1130 | 300 | 830 |
| 11 | 4 | 1 | 56 52 | 1220 | 330 | 890 |
| 12 | 4 | 1 | 59 18 | 1390 | 400 | 990 |
| 1 | 4 | 1 | 56 52 | 1300 | 370 | 930 |
| 2 | 4 | 1 | 50 29 | 910 | 350 | 560 |
| 3 | 4 | 1 | 41 41 | 700 | 300 | 400 |
| 4 | 4 | 1 | 31 51 | 600 | 210 | 390 |
| 5 | 4 | 1 | 21 33 | 350 | 140 | 210 |
| 5 30 | 4 | 1 | 16 26 | 260 | 130 | 130 |
| 6 | 4 | 1 | 11 20 | 220 | 110 | 110 |
| 6 05 | — | 1 | 10 30 | 90 | | |
| 6 30 | — | 1 | 6 22 | 45 | | |
| 7 | — | 1 | 1 24 | 2 | | |
| | | | Lichtsumme | 455 | $S_d$ 145 | $S_s$ 310 |
| | | **5. Mai 1906** | | | | |
| 5h 10 | — | 1 | | 61 | | |
| 5 40 | 3—4 | 4° Feine Streifen | 8° 14′ | 140 | 107 | 33 |
| 6 | 3—4 | 3° „ „ | 11 34 | 260 | 130 | 130 |
| 7 | 3—4 | 3° „ „ | 21 50 | 450 | 300 | 150 |
| 8 | 3—4 | 3° „ „ | 32 06 | 700 | 360 | 340 |
| 9 | 4 | $1^{0}$ | 41 52 | 900 | 450 | 450 |
| 10 | 4 | 1° cu im Puschl. | 50 42 | 1130 | 450 | 680 |
| 11 | 4 | 3 „ „ u. Eng. | 57 08 | 1130 | 500 | 630 |
| 12 | 3—4 | 5 | 59 35 | 1130 | 500 | 630 |
| 1 | 4 | 4 cu | 59 08 | 1300 | 610 | 690 |
| 2 | 2—3 | 6 „ | 50 42 | 900 | 700 | 200 |
| 3 | 3 | 5 | 41 52 | 610 | 360 | 250 |
| 4 | 3—4 | 8° | 32 06 | 450 | 300 | 150 |
| 5 | 3—4 | 6 | 21 50 | 360 | 230 | 130 |
| 6 | 0 | 9 | 11 34 | 90 | 90 | 0 |
| | | | Lichtsumme | 395 | $S_d$ 210 | $S_s$ 185 |

Digitized by Google

| Stunde | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 12. Mai 1906 | | | | |
| 4h 50 | — | $2^2$ | 1° 22′ | 30 | | |
| 5 15 | — | 2 | 5 30 | 45 | | |
| 5 30 | 3 | 2 | 8 0 | 72 | 72 | 0 |
| 5 40 | 4 | 1 | 9 40 | 230 | 122 | 108 |
| 6 | 4 | 1 | 12 57 | 300 | 122 | 178 |
| 7 | 4 | 1 | 23 9 | 450 | 180 | 270 |
| 8 | 4 | $1^1$ | 33 24 | 830 | 230 | 600 |
| 9 | 4 | $3^1$ | 43 21 | 1010 | 300 | 710 |
| 10 | 4 | $3^1$ cu | 52 15 | 1130 | 330 | 800 |
| 11 | 3—4 | 4 cu nahe Sonne | 58 57 | 830 | 300 | 530 |
| 12 | 3—4 | 8 | 61 30 | 1520 | 720 | 790 |
| 1 | 0 | $10^1$ | 58 57 | 610 | 610 | 0 |
| 2 | 4 | $4^1$ | 52 15 | 1130 | 390 | 740 |
| 3 | 4 | $3^1$ | 43 21 | 830 | 300 | 530 |
| 4 | 4 | $3^1$ | 33 24 | 760 | 250 | 510 |
| 5 | 4 | $3^1$ | 23 9 | 610 | 170 | 440 |
| 6 | 4 | 7 ni | 12 57 | 360 | 170 | 190 |
| 6 05 | 4 | 7 | 12 7 | 250 | 140 | 110 |
| 6 15 | 4 | 7 | 10 29 | 180 | 108 | 72 |
| 6 30 | — | 7 | 8 0 | 72 | | |
| 6 40 | — | $9^1$ | 6 20 | 45 | | |
| 7 10 | — | $9^0$ | 1 22 | 10 | | |
| | | | Lichtsumme | 436 | $S_d$ 167 | $S_s$ 269 |
| | | 14. Mai 1906 | | | | |
| 7h | 4 | 0 | 23° 30′ | 500 | 230 | 270 |
| 8 | 4 | 0 | 33 47 | 760 | 260 | 500 |
| 9 | 4 | 0—1 | 43 47 | 1220 | 360 | 860 |
| 10 | 4 | 2 cu | 52 38 | 1390 | 400 | 990 |
| 11 | 4 | 3 nahe an Sonne | 59 24 | 1520 | 500 | 1020 |
| 12 | 4 | 3 am Horizont | 62 0 | 1600 | 450 | 1150 |
| 1 | 4 | 2 | 59 24 | 1520 | 330 | 1190 |
| 2 | 1 | $3^2$ | 52 38 | 300 | 300 | 0 |
| 3 | 0 | $9^2$ | 43 47 | 150 | 150 | 0 |
| 4 | 0 | $10^2$ | 33 47 | 230 | 230 | 0 |
| 5 | 1 | $7^1$ | 23 30 | 230 | 230 | 0 |
| 6 | 3—4 | $3^0$ | 13 17 | 130 | 91 | 39 |
| 6 30 | — | 2 | 8 20 | 45 | | |
| | | | Lichtsumme | 400 | $S_d$ 150 | $S_s$ 250 |
| | | 18. Mai 1906 | | | | |
| 7h | 0 | $10^2 \equiv \bullet$ | 24° 12′ | 60 | | |
| 8 | 0 | $10^2 \equiv$ | 34 27 | 139 | | |
| 9 | 0 | $10^2 \equiv$ | 44 24 | 300 | | |
| 10 | 0 | $10^1 \equiv$ | 53 27 | 300 | | |
| 11 | 1 | $10^1 \equiv$ | 60 18 | 450 | | |
| 12 | 1 | $10^1$ Riesel | 62 59 | 530 | | |

Digitized by Google

| Stunde | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 18. Mai 1906 | | | |
| 1h | 1 | 8 | 60° 18′ | 430 | | |
| 2 | 1 | 8¹ | 53 27 | 450 | | |
| 3 | 1 | 9 | 44 24 | 360 | | |
| 4 | 0 | 10¹ | 34 27 | 300 | | |
| 5 | 0 | 10¹ | 24 12 | 150 | | |
| 6 | 0 | 10¹ | 14 0 | 100 | | |
| 6 30 | 0 | 10² Riesel | 9 4 | 40 | | |
| 7 | — | 10³ „ | 4 8 | 30 | | |
| | | | Lichtsumme | 150 | | |
| | | | 19. Mai 1906 | | | |
| 7h | 1 | 10 ✳ | 24° 17′ | 180 | | |
| 8 | 0 | 10 ✳ | 34 36 | 350 | | |
| 9 | 0 | 10 ✳ | 44 36 | 480 | | |
| 10 | 0 | 10 ✳ | 53 34 | 550 | | |
| 11 | 0 | 10 ✳ | 60 30 | 550 | | |
| 12 | 0 | 10 ✳ | 63 13 | 650 | | |
| 1 | 0 | 10 ✳ | 60 30 | 350 | | |
| 2 | 0 | 10 ✳ | 53 34 | 340 | | |
| 3 | 0 | 10 ✳ | 44 36 | 350 | | |
| 4 | 0 | 10 ✳ | 34 36 | 230 | | |
| 5 | 0 | 10 ✳ | 24 17 | 170 | | |
| 6 | 0 | 10 ✳ | 14 11 | 75 | | |
| | | | Lichtsumme | 178 | | |
| | | | 28. Mai 1906 | | | |
| 6h 30 | 0 | 10 | 20° 25′ | 180 | | |
| 7 | 0 | 10 | 25 30 | 300 | | |
| 8 | 1 | 10 | 35 48 | 560 | | |
| 9 | 1 | 9 | 45 52 | 720 | | |
| 10 | 2 | 9 | 55 6 | 670 | | |
| 11 | 0 | 9 | 62 8 | 610 | | |
| 12 | 0 | 9 | 64 59 | 670 | | |
| 1 | 0 | 9 | 62 8 | 670 | | |
| 2 | 1 | 8 | 55 6 | 500 | | |
| 3 | 1 | 7 | 45 52 | 450 | | |
| 4 | 2 | 5 | 35 48 | 410 | | |
| 5 | 4 | 3 | 25 30 | 600 | 220 | 380 |
| 6 | 4 | 2 | 15 21 | 360 | 140 | 220 |
| 7 | 0 | 1³ | 5 36 | 90 | | |
| | | | Lichtsumme | 283 | | |
| | | | 29. Mai 1906 | | | |
| 6h | 4 | 1 Streifen | 15° 31′ | 250 | 150 | 100 |
| 7 | 4 | 1 | 25 40 | 600 | 200 | 400 |
| 8 | 4 | 1 | 35 59 | 820 | 260 | 560 |
| 9 | 4 | 2 | 46 0 | 1300 | 300 | 1000 |

Digitized by Google

| Stunde | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 29. Mai 1906. | | | | |
| $10^h$ | 3—4 | $4^0$ | $55^0$ 15′ | 1200 | 410 | 790 |
| 11 | 4 | $4^0$ | 62 21 | 1300 | 400 | 900 |
| 12 | 4 | $4^1$ Zenith frei | 65 9 | 1500 | 440 | 1060 |
| 1 | 4 | $3^1$ | 62 21 | 1380 | 420 | 960 |
| 2 | 4 | $3^1$ | 55 15 | 1120 | 320 | 800 |
| 3 | 4 | $5^1$ | 46 0 | 1070 | 360 | 710 |
| 4 | 4 | $6^1$ | 35 59 | 820 | 310 | 510 |
| 5 | 4 | $5^1$ | 25 40 | 450 | 180 | 270 |
| 6 | 4 | $4^2$ | 15 31 | 300 | 150 | 150 |
| | | | Lichtsumme | 505 | $S_d$ 205 | $S_s$ 300 |
| | | 8. Juni 1906. | | | | |
| $6^h$ | 4 | 0 | $16^0$ 24′ | 150 | 90 | 60 |
| 7 | 4 | 0 | 26 31 | 440 | 110 | 330 |
| 8 | 4 | 0 | 36 54 | 600 | 160 | 440 |
| 9 | 4 | 0 | 47 0 | 640 | 180 | 460 |
| 10 | 4 | 0 | 56 18 | 670 | 200 | 470 |
| 11 | 4 | 0—1 | 63 34 | 1000 | 200 | 800 |
| 12 | 4 | 1 | 66 24 | 1200 | 200 | 1000 |
| 1 | 3—4 | $3^0$ | 63 34 | 760 | 200 | 560 |
| 2 | 4 | $4^0$ | 56 18 | 1000 | 180 | 820 |
| 3 | 1 | $7^1$ | 47 0 | 320 | 320 | 0 |
| 4 | 2 | $7^1$ | 36 54 | 350 | 350 | 0 |
| 5 | 3 | $9^2$ | 26 31 | 390 | 220 | 170 |
| 6 | 0 | $9^2$ | 16 24 | 35 | 35 | 0 |
| 7 | 0 | $9^2$ | 6 45 | 30 | 30 | 0 |
| | | | Lichtsumme | 316 | $S_d$ 103 | $S_s$ 213 |
| | | 4. Juli 1906 | | | | |
| $7^h$ 30 | 0 | $10^2$ | $31^0$ 50′ | 90 | | |
| 8 | 0 | 10 | 37 0 | 150 | | |
| 9 | 0 | 10 | 47 6 | 200 | | |
| 10 | 0 | 10 Regen | 56 29 | 250 | | |
| 11 | 0 | 10 „ | 63 42 | 200 | | |
| 12 | 0 | 10 „ | 66 32 | 350 | | |
| 1 | 0 | 10 „ | 63 42 | 350 | | |
| 2 | 3 | 10 „ | 56 29 | 900 | 500 | 400 |
| 3 | 0 | 10 | 47 6 | 220 | | |
| 4 | 0 | 10 | 37 0 | 120 | | |
| 5 | 1 | 10 | 26 38 | 184 | | |
| 6 | 1 | 10 | 16 31 | 92 | | |
| 7 | 0 | 10 | 6 47 | 23 | | |
| | | | Lichtsumme | 122 | | |
| | | 6. Juli 1906 | | | | |
| $7^h$ 30 | 0 | 10 Regen | $26^0$ 30′ | 180 | 180 | 0 |
| 8 | 3 | 10 „ | 36 53 | 760 | 530 | 230 |
| 9 | 2—3 | 10 | 47 0 | 640 | 640 | 0 |

Digitized by Google

| Stunde | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 6. Juli 1906 | | | | |
| 10h | 1 | 10 Wind | 56° 18′ | 560 | 560 | 0 |
| 11 | 3 | 7 „ | 63 30 | 900 | 600 | 300 |
| 12 | 3 | 7 „ | 66 23 | 900 | 600 | 300 |
| 1 | 2 | 8 „ | 63 30 | 640 | 640 | 0 |
| 2 | 4 | 6 | 56 18 | 1120 | 450 | 670 |
| 3 | 4 | 5 | 47 0 | 760 | 300 | 460 |
| 4 | 1 | 8 Regen | 36 53 | 250 | 250 | 0 |
| 5 | 2 | 7 schön | 26 30 | 180 | 180 | 0 |
| 6 | | | 16 23 | | | |
| 7 | — | 5 | 6 39 | 40 | | |
| | | | Lichtsumme | 293 | $S_d$ 211 | $S_s$ 82 |
| | | 7. Juli 1906 | | | | |
| 6h 30 | 4 | 1 | 21° 21′ | 300 | 100 | 200 |
| 7 | 4 | 1 | 26 25 | 440 | 110 | 330 |
| 8 | 4 | 2 | 36 45 | 640 | 160 | 480 |
| 9 | 3 | 7° | 46 53 | 830 | 530 | 300 |
| 10 | 3—4 | 7° | 56 15 | 900 | 450 | 450 |
| 11 | 3 | 5¹ | 63 24 | 760 | 430 | 330 |
| 12 | 3 | 5¹ | 66 16 | 900 | 540 | 360 |
| 1 | 4 | 4 | 63 24 | 1500 | 420 | 1080 |
| 2 | 3—4 | 6 | 56 15 | 900 | 340 | 560 |
| 3 | 3 | 6 | 46 53 | 600 | 340 | 260 |
| 4 | 0 | 6 | 36 45 | 260 | 260 | 0 |
| 5 | 0 | 5 | 26 25 | 200 | 200 | 0 |
| 6 | 4 | 4 | 16 17 | 200 | 100 | 100 |
| 7 | — | 4 | 6 33 | 60 | | |
| | | | Lichtsumme | 354 | $S_d$ 177 | $S_s$ 177 |
| | | 8. Juli 1906 | | | | |
| 8h | 2—3 | 10 | 36 42 | 500 | | |
| 9 | 0—1 | 10 | 46 47 | 440 | | |
| 10 | 2—3 | 10 | 56 6 | 800 | | |
| 11 | 0 | 10 | 63 17 | 450 | | |
| 12 | 2 | 10 | 66 19 | 900 | | |
| 1 | 1 | 10 | 63 17 | 450 | | |
| 2 | 0 | 10 | 56 6 | 400 | | |
| 3 | 1 | 8 | 46 47 | 300 | | |
| 4 | 2 | 8 | 36 42 | 450 | | |
| 5 | 1—2 | 8 | 26 23 | 300 | | |
| 6 | 0 | 7 | 16 15 | 140 | | |
| 7 | — | 5 | 6 30 | 80 | | |
| | | | Lichtsumme | 217 | | |
| | | 9. Juli 1906 | | | | |
| 6h | 4 | 2 | 16° 11′ | 220 | 143 | 77 |
| 7 | 4 | 1 | 26 15 | 430 | 215 | 215 |
| 8 | 4 | 1 | 36 38 | 550 | 250 | 300 |

Digitized by Google

| Stunde | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 9. Juli 1906 | | | |
| 9h | 3—4 | 3 | 46° 12′ | 660 | 330 | 330 |
| 10 | 4 | 5 | 56 0 | 850 | 330 | 520 |
| 11 | 1 | 9 | 63 11 | 500 | 500 | 0 |
| 12 | 3—4 | 9 | 66 2 | 1000 | 500 | 500 |
| 1 | 0 | 10 | 63 11 | 200 | 200 | 0 |
| 2 | 0 | 10 | 56 0 | 280 | 280 | 0 |
| 3 | 1 | 10 | 46 12 | 300 | 300 | 0 |
| 4 | 1—2 | 9 | 36 38 | 280 | 280 | 0 |
| 5 | 0 | 9 | 26 15 | 165 | 165 | 0 |
| 6 | 0 | 6 | 16 11 | 117 | 117 | 0 |
| 7 | — | 8 | 6 21 | 61 | | |
| 8 | — | 3 | — | 2 | | |
| | | | Lichtsumme | 234 | $S_d$ 153 | $S_s$ 81 |
| | | | 8. Aug. 1906 | | | |
| 7h | 4 | 0 | 22° 0′ | 210 | 70 | 140 |
| 8 | 4 | 1 | 32 14 | 550 | 110 | 440 |
| 9 | 4 | 1 | 42 6 | 840 | 140 | 700 |
| 10 | 4 | 1 | 50 48 | 900 | 150 | 750 |
| 11 | 4 | 1 | 57 24 | 1100 | 180 | 920 |
| 12 | 4 | 2 | 59 54 | 1190 | 200 | 990 |
| 1 | 4 | 2 | 57 24 | 1100 | 190 | 910 |
| 2 | 4 | 2 | 50 48 | 960 | 160 | 800 |
| 3 | 4 | 2 | 42 6 | 700 | 120 | 580 |
| 4 | 4 | 2 | 32 14 | 450 | 90 | 360 |
| 5 | 4 | 2 | 22 0 | 320 | 75 | 245 |
| 6 | 4 | 1 | 11 44 | 110 | 55 | 55 |
| | | | Lichtsumme | 351 | $S_d$ 106 | $S_s$ 245 |
| | | | 12. März 1907 | | | |
| 8h 15 | 4 | 1 | 19° 35′ | 300 | 120 | 180 |
| 9 | 4 | 2 | 26 7 | 500 | 170 | 330 |
| 10 | 4 | 2 | 33 20 | 600 | 230 | 370 |
| 11 | 3—4 | 3 | 38 18 | 710 | 300 | 410 |
| 12 | 4 | 3 | 40 3 | 760 | 330 | 430 |
| 1 | 3—4 | 4 | 38 18 | 710 | 360 | 350 |
| 2 | 3–4 | 7° | 33 20 | 600 | 360 | 240 |
| 3 | 3—4 | 7° | 26 7 | 450 | 260 | 190 |
| 4 | 3 | 5 | 17 22 | 260 | 180 | 80 |
| 5 | — | 3 | 7 40 | 130 | | |
| | | | Lichtsumme | $S_g$ 209 | $S_d$ 102 | $S_s$ 107 |
| | | | 11. Mai 1907 | | | |
| 5h | — | 0 | 2° 54′ | 53 | | |
| 5 30 | — | 0 | 7 50 | 100 | | |
| 5 35 | 4 | 0 | 8 40 | 113 | 108 | 5 |
| 6 | 4 | 0 | 12 46 | 180 | 140 | 40 |

Digitized by Google

| Stunde | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 11. Mai 1907 | | | |
| 7h | 4 | 0 | 22° 58′ | 430 | 190 | 240 |
| 8 | 4 | 0 | 33 15 | 600 | 260 | 340 |
| 9 | 4 | 0 | 43 8 | 710 | 300 | 410 |
| 10 | 4 | 0 | 52 3 | 910 | 360 | 550 |
| 11 | 4 | 0 | 58 42 | 910 | 380 | 530 |
| 12 | 4 | 0 | 61 15 | 1100 | 470 | 630 |
| 1 | 4 | 1 | 58 42 | 910 | 380 | 530 |
| 2 | 4 | 1 | 52 3 | 830 | 310 | 520 |
| 3 | 4 | 2 | 43 8 | 710 | 290 | 420 |
| 4 | 4 | 3 | 33 15 | 570 | 260 | 310 |
| 5 | 4 | 2 | 22 58 | 340 | 200 | 140 |
| 6 | 4 | 1 | 12 46 | 120 | 90 | 30 |
| 6 20 | 4 | 1 | 9 29 | 72 | 72 | 0 |
| 6 30 | — | 1 | 7 50 | 53 | | |
| 6 45 | — | 1 | 5 22 | 30 | | |
| 7 | — | 1 | 2 54 | 18 | | |
| | | | Lichtsumme | $S_g$ 350 | $S_d$ 154 | $S_s$ 196 |

**Carvatschkurve 20. Juli 1905**

| Stunde | Ort | | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4h 30 | Corvatsch Schneefeld | 2800 m | 4 | | 0° 20′ | 44 | 44 | 0 |
| 5 | „ „ | 3000 m | 4 | | 5 11 | 88 | 42 | 46 |
| 5 30 | „ „ | 3200 m | 4 | | 10 6 | 220 | 83 | 137 |
| 6 | „ „ | 3400 m | 4 | | 15 5 | 370 | 90 | 280 |
| 6 30 | „ Gipfel | 3442 m | 4 | | 20 4 | 440 | 110 | 330 |
| 7 10 | „ „ | | 4 | | 26 50 | 650 | 170 | 480 |
| 8 | „ „ | | 4 | | 35 25 | 740 | 210 | 530 |
| 9 | „ „ | | 4 | | 45 29 | 830 | 230 | 600 |
| 9 40 | „ „ | | 4 | | 51 16 | 1240 | 250 | 990 |
| 11 30 | Surlejweg | 2600 m | 4 | | 63 0 | 1240 | 190 | 1050 |
| 1 15 | „ | 2300 m | 4 | | 56 0 | 1390 | 210 | 1180 |
| 2 30 | Roseg Talsohle | 2000 m | 4 | | 49 48 | 1390 | 210 | 1180 |
| 5 | Strasse ob Pontresina | 1850 m | 4 | | 25 7 | 580 | 110 | 470 |
| 6 30 | Strasse vor Berninahospiz | 2280 m | 4 | | 10 6 | 440 | | |

**Diavolezzakurve 9. Aug. 1905**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6h 15 | Val d'Arlas S-O-hang | | 4 | | 14° 6′ | 320 | 83 | 237 |
| 9 | Diavolezzagletscher | | 4 | | 41 53 | 740 | 190 | 550 |
| 10 30 | „ alp | | 4 | | 53 52 | 850 | 310 | 540 |
| 11 | Persgletscher | | 4 | | 57 6 | 920 | 310 | 610 |
| 12 30 | Isla Persa | | 4 | | 58 21 | 850 | 250 | 600 |
| 2 15 | Morteratschgletscher | | 4 | | 49 26 | 690 | 140 | 550 |
| 3 | „ | | 3—4 | | 41 53 | 550 | 130 | 420 |

Digitized by Google

| Stunde | Ort | | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Diavolezzakurve 30. Aug. 1905 mit Sonnenfinsternis** | | | | | | | |
| 7h | Hospizdach | | 4 | | 17° 2′ | 320 | 110 | 210 |
| 7 30 | Strasse | | 4 | | 22 7 | 370 | 130 | 240 |
| 8 | Arlas Osthang | | 4 | | 27 11 | 580 | 170 | 410 |
| 8 30 | „ S-E-hang | | 4 | | 31 56 | 580 | 170 | 410 |
| 9 | Diavolezzasee | | 4 | | 36 42 | 650 | 190 | 460 |
| 9 30 | „ S-E-grat | | 4 | | 40 48 | 690 | 210 | 480 |
| 10 | „ gletscher | | 4 | | 44 53 | 850 | — | — |
| 10 30 | „ | 2977 m | 4 | | 47 48 | 1010 | 280 | 730 |
| 11 | „ | „ | 4 | | 50 44 | 1110 | 230 | 880 |
| 11 30 | Persgletscher | | 4 | | 51 46 | 1240 | 230 | 1010 |
| 12 | Isla Persa | | 4 | | 52 48 | 1110 | 210 | 900 |
| 12 30 | Morteratschgletscher | | 4 | | 51 46 | 920 | 190 | 730 |
| 1 | „ | | Beginn der | | 50 44 | 920 | — | — |
| 1 10 | „ | | Sonnenfinst. | | 49 45 | 740 | 210 | 530 |
| 1 40 | „ | | | | 46 50 | 370 | 130 | 240 |
| 1 50 | „ | | | | 45 51 | 250 | 100 | 150 |
| 2 | „ | | Max. der | | | | | |
| 2 10 | „ | | Sonnenfinst. | | 43 20 | 200 | 85 | 115 |
| 2 17 | „ | | 3—4 | | 42 27 | 200 | 85 | 115 |
| 2 30 | „ | | 3—4 | | 40 48 | 185 | 85 | 100 |
| 3 20 | Montebello | | 2 | | 33 32 | 185 | 113 | 72 |
| 3 40 | Berninahäuser | 2050 m | 4 | | 30 22 | 440 | 113 | 327 |
| 4 10 | „ | | 4 | | 25 23 | 310 | — | — |
| 4 40 | Berninastrasse | 2100 m | 4 | | 20 25 | 185 | 85 | 100 |
| 6 10 | Hospizdach | | — | | 5 6 | 42 | | |
| | **Diavolezzakurve 17. Sept. 1905** | | | | | | | |
| 7h | Hospiz | | 4 | 1 | 12° 7′ | 185 | 100 | 85 |
| 7 30 | „ | | 4 | 1 | 17 7 | 280 | 125 | 155 |
| 8 30 | Arlas | | 4 | 1 | 26 40 | 440 | 170 | 270 |
| 9 | Diavolezzasee | | 4 | 1 | 31 14 | 610 | 180 | 430 |
| 9 30 | „ grat | | 4 | 1 | 35 4 | 850 | 250 | 600 |
| 10 | Diavolezza | 2977 m | 4 | 1 | 38 54 | 850 | 250 | 600 |
| 11 | „ | „ | 4 | 2° | 44 14 | 850 | 250 | 600 |
| 1 | Hospizdach | | 4 | 3° | 44 14 | 790 | 280 | 510 |
| 2 | Hospiz | | 3 | 5° | 38 54 | 440 | 280 | 160 |
| 3 | „ | | 4 | 3° cicu | 31 14 | 480 | 180 | 300 |
| 4 | „ | | 4 | 1∞ | 22 6 | 440 | 170 | 270 |
| 4 30 | „ | | 4 | 0 | 17 7 | 280 | 140 | 140 |
| 5 | „ | | — | 1° | 12 7 | 100 | | |
| 5 30 | „ | | — | 1° st | 6 57 | 55 | | |
| 13. Juli | 9h 30 Diavolezza | | 4 | | 50 57 | 1590 | 590 | 1000 |
| 16. Juli | 9 45 Piz Languard | | 4 | | 52 56 | 1240 | 230 | 1010 |
| 28. Aug. | 10 „ „ | | 4 | | 45 30 | 650 | 170 | 480 |
| | **Morteratschkurve 17. Juli 1906** | | | | | | | |
| 4h 30 | Morteratsch-Terrasse | 3060 m | — | 0 | 0° 26′ | 25 | | |
| 5 30 | Kleiner Grat | 3400 m | 4 | 0 | 10 25 | 250 | 55 | 195 |

Digitized by Google

| Stunde | Ort | | Sonne | Bewölkung | Sonnenhöhe | Lichtintensität gesamte | diffuse | direkte |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6h 30 | Piz Morteratsch | 3754 m | 4 | 0 | 20° 24′ | 420 | 80 | 340 |
| 7 15 | „ „ | | 4 | 0 | 28 4 | 660 | 110 | 550 |
| 8 45 | Piz Tschierva | 3564 m | 4 | 0 | 43 19 | 1120 | 150 | 970 |
| 9 45 | Sattel | 3360 m | 4 | 0 | 52 43 | 1280 | 160 | 1120 |
| 11 | Bovalgletscherfuss | 3080 m | 4 | 1 | 62 5 | 850 | 140 | 710 |
| 12 | Bovalhütte | 2460 m | 4 | 1 | 64 53 | 850 | 170 | 680 |
| 1 30 | „ | | 2 | 2 | 58 33 | 500 | 500 | 0 |
| 2 30 | Bovalweg | 2200 m | 4 | 3 | 50 25 | 960 | 280 | 680 |
| 3 20 | Morteratsch-Wirtshaus | 1900 m | 4 | 4 | 42 29 | 840 | 210 | 630 |
| 4 30 | Punt Rantumas | 1850 m | 4 | 3 | 30 39 | 640 | 160 | 480 |
| | **Lagalpkurve 6. Aug. 1906** | | | | | | | |
| 5h 30 | Hospizdach | | 4 | 0 | 7° 12′ | 160 | 60 | 100 |
| 7 30 | Furcla Minor | | 4 | 0 | 27 33 | 360 | 95 | 265 |
| 10 | Piz Lagalp | 2962 m | 4 | 0 | 51 20 | 840 | 140 | 700 |
| 11 | „ „ | | 4 | 0 | 57 59 | 1000 | 170 | 830 |
| 12 | „ „ | | 4 | 0 | 60 29 | 1120 | 180 | 940 |
| 1 | Alp Minor | 2600 m | 4 | 0 | 57 59 | 840 | 140 | 700 |
| 2 | Am Lagalp | 2400 m | 4 | 0 | 51 20 | 650 | 130 | 520 |
| 3 | Hospizdach | | 4 | 0 | 42 33 | 450 | 100 | 350 |
| 4 | „ | | 4 | 0 | 32 42 | 400 | 90 | 310 |
| 5 | „ | | 4 | 0 | 22 24 | 330 | 75 | 255 |
| 6 | „ | | 4 | 0 | 12 9 | 165 | 55 | 110 |
| 7 | „ | | — | 0 | 2 15 | 24 | | |
| | **Diavolezzakurve 11. Aug. 1906** | | | | | | | |
| 5h 15 | Hospizdach | | — | 4 | 3° 42′ | 42 | | |
| 6 | „ | | 4 | 2 | 11 11 | 270 | 90 | 180 |
| 7 | Arlashang | | 4 | 4 | 21 26 | 540 | 180 | 360 |
| 8 | Diavolezzasee | | 3 | 6 | 31 10 | 660 | 270 | 390 |
| 9 | Diavolezzagletscher | | 3 | 7 | 41 29 | 660 | 330 | 330 |
| 10 | Diavolezza | 2977 m | 2 | 9 | 50 11 | 660 | 660 | 0 |
| 11 | Munt Pers | 3211 m | 0 | 10 | 56 36 | 330 | 330 | 0 |
| 12 | „ „ | | 0 | 10 | 59 0 | 400 | 400 | 0 |
| 1 | Diavolezza | 2977 m | 2 | 9 | 56 36 | 800 | 800 | 0 |
| 1 15 | „ | | 4 | 4 | 55 0 | 1340 | 540 | 800 |
| 2 | Persgletscher | | 0 | 10 | 50 11 | 330 | 330 | 0 |
| 3 | Morteratschgletscher | | 1 | 10 | 41 29 | 660 | 660 | 0 |
| 4 | „ | | 0 | 9 | 31 10 | 330 | 330 | 0 |
| | **Diavolezzakurve 24. Aug. 1906** | | | | | | | |
| 5h 30 | Hospizdach | | — | 0 | 3° 4′ | 48 | | |
| 6 | Lej Pitschen | | 4 | 0 | 8 12 | 110 | 65 | 45 |
| 7 | Diavolezzasee | | 4 | 0 | 18 30 | 410 | 110 | 300 |
| 8 | Diavolezza | 2977 m | 4 | 0 | 28 37 | 650 | 130 | 520 |
| 9 | Isla Persa | | 4 | 0 | 38 19 | 840 | 140 | 700 |
| 10 | „ | | 4 | 1 | 46 35 | 900 | 160 | 740 |
| 11 | „ | | 4 | 3 | 52 37 | 1100 | 220 | 880 |
| 12 | Gemsfreiheit | 3100 m | 4 | 4 | 54 53 | 1100 | 220 | 880 |
| 1 | „ | „ | 3—4 | 6 | 52 37 | 660 | 220 | 440 |
| 3 | Persgletscher | | 0 | 9 | 38 19 | 110 | 110 | 0 |
| 4 | „ | | 4 | 7 | 28 37 | 410 | 160 | 250 |
| 5 | Isla Persa | | 3 | 6 | 18 30 | 165 | 110 | 55 |

Digitized by Google

Zur Veranschaulichung des täglichen Ganges der Lichtintensität dienen die Figuren 7, 8 und 9. Die Kurve des 4. Mai 1906 auf Fig. 7 zeigt uns, was man einen normalen Gang nennen kann, ein Steigen und Fallen der Lichtintensität mit der Sonnenhöhe. Den ganzen Tag herrscht volle Sonne, bis 9 Uhr ist der Himmel völlig wolkenlos, von dann an liegen einige wenige kleine Cirruswölkchen über dem Engadin nahe am Horizont. Die Kurve ist eine ziemlich regelmässige, zwischen 6 und $6^{05}$ Uhr ist Sonnenuntergang, wodurch das direkte Licht verschwindet und das Gesamtlicht um diesen Betrag stürzt und in den Gang der diffusen Kurve einlenkt.

Auf derselben Figur sehen wir die Kurve eines wolkenlosen Wintertages. Die Intensitäten sind gegenüber den sommerlichen bedeutend geringer; immerhin vermag die Intensität des direkten Lichtes immer noch über die des diffusen zu steigen im Gegensatz zu niederern Seehöhen, wo dies nicht mehr der Fall ist. Der Piz Cambrena im SW des Hospizes bewirkt, dass die Sonne schon um $2^1/_2$ Uhr untergeht, $1^1/_2$ Stunden früher als es bei freiem Horizont der Fall wäre. Der 19. Mai 1906 zeigt uns eine Kurve bei völlig bedecktem Himmel. Es schneite den ganzen Tag ununterbrochen. Die Intensität erreicht mit 650 nicht die Hälfte derjenigen des schönen Tages, 1390, bleibt hingegen doch nicht auf der geringen Zahl des diffusen Lichtes 400 des Sonnentages. Die Wolkenschicht ist zu verschiedenen Tageszeiten sehr verschieden dick. Der Nachmittag zeigt geringere Intensitäten als der Vormittag. Ähnliches zeigt die Kurve des 9. Dez. 1905, am Vormittag gleichmässige Sonnenbedeckung, um 1 und 2 Uhr erhöht die durchscheinende Sonne die Intensität etwas. Der Sonnenuntergang um $2^1/_2$ Uhr kommt bei dieser Bewölkung gar nicht mehr zum Ausdruck. Figur 8 zeigt einen Tag mit abwechselnd Regen und schön Wetter. Grosse sprungweise Unterschiede des gesamten und direkten Lichtes machen sich bemerkbar mit den verschiedenen Sonnenbedeckungen. (Die Sonnenbedeckung ist auf der Kurve jeweilen angegeben.) Bei ziehenden Wolken wechselt das Licht von Minute zu Minute in der Weise, wie es diese Figur nur wenige Male zeigen kann, da die Messungen nur jede Stunde einmal gemacht sind. Eine kleine Wolke, die vor die Sonne tritt, vernichtet das direkte Licht, vermindert das Gesamtlicht bedeutend, aber nicht um den ganzen Betrag des direkten, da die Wolke einen Teil dieses direkten als diffuses weiter gelangen lässt. Die höchsten Intensitäten treten nach Gewittern oder Schneefall ein, die Luft ist gereinigt und klar, während nach längerem schönen Wetter die Lichtintensität durch atmosphärischen Dunst beeinträchtigt ist.

Einen interessanten Fall zeigt Figur 9. Am 30. Aug. 1905 fand eine partielle Sonnenfinsternis statt, die sich prachtvoll beobachten

Digitized by Google

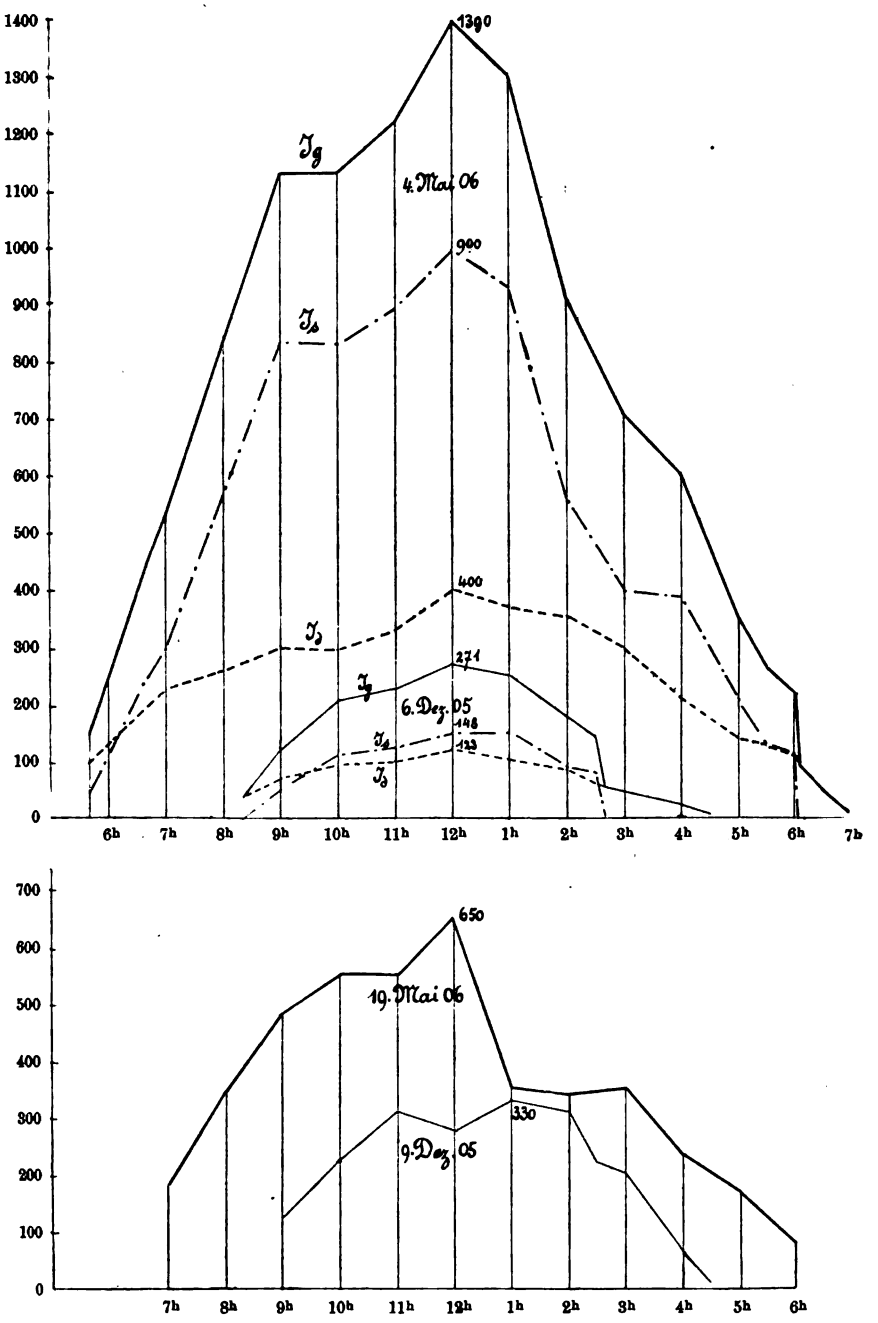



Fig. 7. Tageslichtkurven von zwei sonnigen und zwei bedeckten Tagen.

liess. Ich machte an jenem Tage eine Diavolezzatour und sind die Finsternis-Messungen auf dem Morteratschgletscher ausgeführt. Auf



Digitized by Google

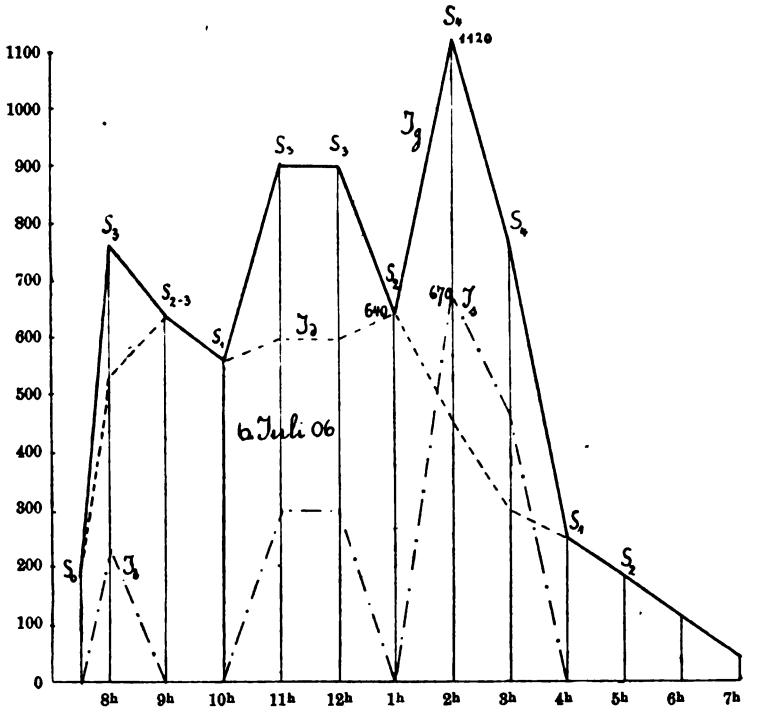



Fig. 8. Tageslichtkurve eines ungleichmässig bedeckten Tages.

der Figur ist zum Vergleich die „normale" Kurve des 8. Aug. 1906 dünn eingezeichnet. Wir sehen schon vor Beginn der Finsternis ein Abnehmen der Intensität, mit Beginn einen raschen Sturz. Zur Zeit des Maximums der Finsternis haben wir nur etwa 1/4 des sonst zu erwartenden Gesamtlichtes, besonders der direkte Anteil ist stark betroffen, er reduziert sich auf etwa 1/7, während das diffuse nur etwa halbiert erscheint. Der Schluss der Finsternis ist leider durch Wolken etwas verdeckt, im diffusen Licht zeigt sich aber doch die Steigerung. $3^{40}$ Uhr erscheint wieder die volle Sonne und lässt gesamtes und direktes Licht noch einmal in die Höhe schnellen vor dem Erlöschen des Abends. Eine totale Sonnenfinsternis, bei der die Lichtintensität sogar auf 0 sank, beobachteten Roscoe und Thorpe[1]) leider bei nicht gleichmässig schönem Wetter am 22. Dez. 1870 in Catania und Kapitän Herschel[2]) für Roscoe in Indien 1868, aber bei ganz schlechtem Wetter.

---

[1]) Roscoe 1871 S. 467.
[2]) Roscoe 1871 S. 202.

Digitized by Google

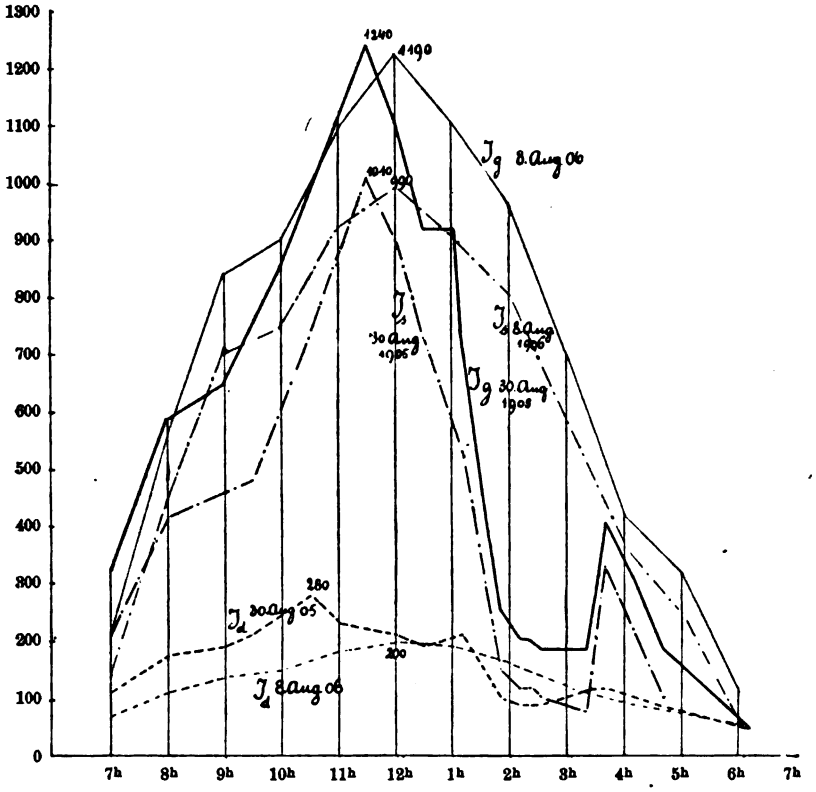



Fig. 9. Tageslichtkurven eines „normalen" sonnigen Tages und eines Tages mit Sonnenfinsternis.

## 6. Kapitel.

## Lichtsummen.

Um ein Mass für die gesamte Quantität des Lichtes zu erhalten, die auf die Pflanzen herniederströmt, bilden wir Lichtsummen. Roscoe hat eine einfache Integrationsmethode gefunden, um aus stündlichen Lichtmessungen die Lichtsumme zu berechnen. Diese Methode wurde von Wiesner, Schwab u. a. angewendet, während neuerdings Steenstrup[1]) einen Summenapparat erfunden hat und Clements Selagraph [1]) zu diesen Zwecken auch verwendet werden könnte.

Die Roscoesche Methode besteht darin, dass man die Fläche bestimmt, welche die Tageskurve der Lichtintensität mit der Abscissenaxe, auf der die Tagesstunden abgetragen sind, bildet. Vergleicht man diese Fläche mit einem Rechteck von der Grundlinie 24 und der

[1]) S. o. unter Methoden der Lichtmessung.

Digitized by Google

Höhe der Intensitätseinheit und setzt diese Rechteckfläche = 1000, so drückt der resultierende Bruchteil von 1000 die Lichtsumme aus.

Zur Flächenbestimmung dient folgende Rechnung. Die stündlichen Intensitäten als Ordinaten $y_0$, $y_1$, $y_2$ ... aufgetragen bilden mit der Abscissenaxe und der Intensitätskurve Trapeze, deren Inhalt $\frac{y_0+y_1}{2}$, $\frac{y_1+y_2}{2}$ usw. ist, woraus für die ganze Fläche $f$ folgt:

$$f = \frac{y_0+y_1}{2} + \frac{y_1+y_2}{2} + \frac{y_2+y_3}{2} \ldots \frac{y_{n-1}+y_n}{2} =$$
$$= \frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + y_3 + y_4 \cdots\cdots \frac{y_n}{2}.$$

Aus obigem geht dann die Berechnung der Lichtsumme $s$ hervor:

$$s = \frac{f}{24} = (y_1 + y_2 + y_3 + \cdots) : 24,$$

wobei $y_0 = o$, weil am Morgen früh in der Dunkelheit angenommen, also $\frac{y_0}{2} = o$, wie auch $\frac{y_n}{2} = o$ ist und die übrigen Glieder es sind, die auf die Nachtstunden entfallen.

Wie die einzelnen Lichtintensitäten zerfallen auch die Lichtsummen des Gesamtlichtes in die beiden Anteile des diffusen und des direkten Sonnenlichtes.

Die folgende Tabelle gibt die Lichtsummen von einer Auswahl von Tagen.

$S_g$ = Lichtsumme des Gesamtlichtes
$S_d$ = „ „ diffusen Lichtes
$S_s$ = „ „ direkten Sonnenlichtes.

**Tabelle der Lichtsummen.**

| | Tagesmittel S | Tagesmittel B | Max. Sonnenhöhe | $S_g$ | $S_d$ | $S_s$ | Sonnenscheindauer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22. Aug. 1905 | 3,3 | | 55° 33′ | 360 | 112 | 248 | 9,80 Stdn. |
| 1. Sept. „ | 3,5 | 3,0 | 52 4 | 226 | 63 | 163 | 8,65 „ |
| 2. „ „ | 3,3 | 3,1 | 51 44 | 227 | 97 | 127 | 6,55 „ |
| 16. „ „ | 1,8 | 7,5 | 46 30 | 176 | 136 | 40 | 2,60 „ |
| 19. „ „ | 0,4 | 8,2 | 45 18 | 102 | 102 | 0 | 0,40 „ |
| 24. „ „ | 0,0 | 10,0 | 43 30 | 63 | 63 | 0 | 0,00 „ |
| 26. „ „ | 0,8 | 8,1 | 42 37 | 92 | 92 | 0 | 0,00 „ |
| 7. Okt. „ | 3,1 | 2,6 | 38 23 | 151 | 71 | 80 | 7,65 „ |
| 8. „ „ | 3,4 | 6,2 | 37 59 | 128 | 88 | 40 | 2,90 „ |
| 18. „ „ | 3,8 | 2,6 | 34 17 | 116 | 68 | 48 | 6,80 „ |
| 15. Nov. „ | 3,3 | 3,0 | 25 29 | 93 | 64 | 29 | 4,55 „ |
| 25. „ „ | 4,0 | 0,0 | 23 0 | 76 | 38 | 38 | 6,50 „ |
| 3. Dez. „ | 3,9 | 0,0 | 21 31 | 63 | 31 | 32 | 5,70 „ |
| 5. „ „ | 4,0 | 0,0 | 21 14 | 72 | 33 | 39 | 6,00 „ |
| 6. „ „ | 4,0 | 0,0 | 21 6 | 60 | 29 | 31 | 6,00 „ |

Digitized by Google

| | Tagesmittel S | Tagesmittel B | Max. Sonnenhöhe | $S_g$ | $S_d$ | $S_e$ | Sonnenscheindauer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8. Dez. 1905 | 3,7 | 1,3 | 20° 52′ | 68 | 34 | 34 | 5,95 Stdn. |
| 9. „ „ | 0,6 | 7,5 | 20 46 | 77 | 77 | 0 | 1,25 „ |
| 10. Jan. 1906 | 3,4 | 2,3 | 21 30 | 110 | 53 | 57 | 5,25 „ |
| 11. „ „ | 2,0 | 5,8 | 21 37 | 68 | 62 | 6 | 1,35 „ |
| 12. „ „ | 2,6 | 5,7 | 21 47 | 81 | 64 | 17 | 2,25 „ |
| 15. „ „ | 4,0 | 0,0 | 22 18 | 95 | 39 | 56 | 6,40 „ |
| 16. „ „ | 3,1 | 5,0 | 22 29 | 61 | 46 | 15 | 2,90 „ |
| 20. „ „ | 1,7 | 7,7 | 23 18 | 52 | 46 | 6 | 1,40 „ |
| 11. Febr. „ | 3,8 | 4,0 | 29 22 | 87 | 52 | 35 | 6,70 „ |
| 18. „ „ | 3,9 | 0,7 | 31 46 | 135 | 76 | 59 | 7,60 „ |
| 21. März „ | 0,6 | 10,0 | 43 35 | 119 | 119 | 0 | 0,00 „ |
| 28. „ „ | 4,0 | 0,7 | 46 20 | 150 | 60 | 90 | 10,45 „ |
| 12. April „ | 3,8 | 1,3 | 52 10 | 231 | 99 | 132 | 10,30 „ |
| 4. Mai „ | 4,0 | 0,7 | 59 18 | 455 | 145 | 310 | 12,90 „ |
| 5. „ „ | 3,3 | 4,4 | 59 35 | 395 | 210 | 185 | 9,40 „ |
| 12. „ „ | 3,7 | 4,3 | 61 29 | 436 | 167 | 269 | 10,80 „ |
| 14. „ „ | 2,8 | 3,4 | 62 1 | 400 | 150 | 250 | 8,70 „ |
| 18. „ „ | 0,4 | 9,3 | 62 59 | 150 | 150 | 0 | 1,00 „ |
| 19. „ „ | 0,0 | 10,0 | 63 13 | 178 | 178 | 0 | 0,00 „ |
| 28. „ „ | 1,1 | 7,2 | 64 59 | 283 | 258 | 25 | 5,10 „ |
| 29. „ „ | 4,0 | 3,3 | 65 9 | 505 | 205 | 300 | 11,60 „ |
| 8. Juni „ | 3,0 | 3,5 | 66 24 | 316 | 103 | 213 | 1,90 „ |
| 4. Juli „ | 0,4 | 10,0 | 66 32 | 122 | 122 | 0 | 4,70 „ |
| 6. „ „ | 2,3 | 8,0 | 66 23 | 293 | 211 | 82 | 0,00 „ |
| 7. „ „ | 3,0 | 4,5 | 66 16 | 354 | 177 | 177 | 9,20 „ |
| 8. „ „ | 1,2 | 8,8 | 66 10 | 217 | 217 | 0 | 1,70 „ |
| 9. „ „ | 2,0 | 6,3 | 66 2 | 234 | 153 | 81 | 5,50 „ |
| 8. Aug. „ | 4,0 | 1,4 | 59 54 | 351 | 106 | 245 | 12,90 „ |
| 12. März „ | 3,4 | 3,7 | 40 3 | 209 | 102 | 107 | |
| 11. Mai „ | 4,0 | 0,7 | 61 15 | 350 | 154 | 196 | |

Der höchste gefundene Wert ist 505 (29. Mai 06), der niederste 52 (20. Jan. 06); sie verhalten sich wie 1 : 9,7, rund 1 : 10. In Wien betrugen die Extreme 419 (17. Juni 1894) und 6,2 (17. Nov. 1894); ihr Verhältnis ist wie 1 : 68. Die Lichtverhältnisse des alpinen Standorts sind also viel gleichmässigere als die der Grosstadt in der Niederung und beruht dies hauptsächlich darauf, dass das Berninahospiz die sehr dunkeln Wintertage überhaupt nicht kennt, da es höher liegt als ein grosser Teil der verdunkelnden gewaltigen Nebelmassen.

Die folgende Tabelle bietet einen Vergleich der mittleren Tages-Lichtsummen der einzelnen Monate für Wien, Kremsmünster und Berninahospiz, wobei ich noch die Anteile des diffusen und direkten Lichtes berechnet habe. Die Zahlen stammen aus verschiedenen Jahren, sind also nicht absolut direkt vergleichbar: Für Wien diente Juni—Dez. 1893, Jan.—Mai 1894, für Kremsmünster das Jahr 1897, für Berninahospiz Okt.—Dez. 1905, Jan.—Mai 1906, April—Sept. 1907.

Digitized by Google

**Lichtsummen.**

| | Wien | Kremsmünster | Berninahospiz | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $S_g$ | $S_g$ | $S_g$ | $S_d$ | $S_s$ |
| Jan. | 15 | 33 | 63 | 47 | 16 |
| Febr. | 40 | 54 | 76 | 60 | 16 |
| März | 62 | 91 | 129 | 82 | 47 |
| April | 145 | 174 | 212 | 162 | 50 |
| Mai | 171 | 180 | 285 | 178 | 107 |
| Juni | 217 | 341 | 247 | 153 | 94 |
| Juli | 274 | 303 | 302 | 160 | 142 |
| Aug. | 253 | 269 | 323 | 159 | 164 |
| Sept. | 151 | 199 | 197 | 119 | 78 |
| Okt. | 60 | 75 | 108 | 70 | 38 |
| Nov. | 26 | 43 | 54 | 51 | 3 |
| Dez. | 16 | 28 | 53 | 37 | 16 |
| Jahr | 119 | 149 | 171 | 107 | 64 |
| Jan.—Juni | 108 | 145 | 169 | 114 | 55 |
| Juli—Dez. | 130 | 153 | 173 | 100 | 73 |

Die Verhältnisse vom geringsten zum höchsten Monatsmittel sind für

| | |
|---|---|
| Wien | 15 : 274 = 1 : 18 |
| Kremsmünster | 28 : 341 = 1 : 12 |
| Berninahospiz | 53 : 323 = 1 : 6 |

Das oben gesagte von den dunkeln Wintertagen bestätigt sich aufs neue; das Hügelgebiet von Kremsmünster hält die Mitte zwischen dem tiefen nebligen Donautal und der Passhöhe. Das Lichtsummen-Maximum liegt in Wien im Juli, ebenso in Kew[1]) (England) und Fécamp[2]) (Frankr.), in Kremsmünster im Juni, ebenso in St. Petersburg[3]), auf Bernina im August. Doch ist dies jedenfalls nicht jedes Jahr gleich, der ganze August 1907 war prachtvoll, während der ganze Juni und die erste Hälfte Juli schlecht Wetter vorherrschte. Der lichtärmste Monat des Hospizes ist noch entschiedener als in Kremsmünster und Kew der Dezember, indem der Dez. 1905 die niederste Lichtsumme liefert, trotzdem es ein hervorragend schöner Monat war, wie aus dem sehr starken Anteil des direkten Lichtes trotz der niedern Sonnenstände zu ersehen ist. Wien und Fécamp zeigen das Minimum im Januar. Die Lichtsummen des Berninahospizes sind durchweg bedeutend höher als die von Wien und mit geringen Ausnahmen, die wohl der Verschiedenheit der Beobachtungsjahre zuzuschreiben sind, höher als die von Kremsmünster. Am

[1]) Vgl. Anm. S. 211.
[2]) „ „ „ 211.
[3]) „ „ „ 212.

Digitized by Google

stärksten kommt dies in den Wintermonaten zum Ausdruck. Betrachten wir die Monate Dezember, Januar und Februar, so erhalten wir als Tagesmittel:

| | |
|---|---|
| Wien | 24 |
| Kremsmünster | 38 |
| Berninahospiz | 64 |

oder, wenn wir statt des Mittels die Summe der drei Monate nehmen,

| | |
|---|---|
| Wien | 2081 |
| Kremsmünster | 3403 |
| Berninahospiz | 5724 |

Besonders hervorzuheben ist der grosse Anteil von direktem Sonnenlicht, im Mittel 16 oder die Summe von 1440. Für die andern beiden Stationen werden diese Faktoren leider nicht angegeben, doch dürfte für Wien die Lichtsumme des direkten Lichts in diesen dunkeln Wintermonaten sich nicht viel über Null erheben und auch der Betrag für Kremsmünster ein ziemlich geringer sein. Auf diesem hohen Betrag von 5724 Gesamtlichtsumme und besonders auf den 1440 Lichtsumme des direkten Lichts dieser Wintermonate dürfte die Berühmtheit der alpinen Winterkurorte und -Sportplätze beruhen.

In den Lichtsummen des diffusen Lichtes haben wir das Lichtklima des Schattenstandortes zu sehen.

Wiesner stellt für Wien folgende vier Summensätze auf:

1. In Wien weist die Periode Januar-Juni eine geringere Lichtsumme auf als die Periode Juli-Dezember.

2. Die erste Hälfte unserer Vegetationsperiode März—Juni erhält eine geringere Lichtsumme als die zweite Hälfte Juli—Oktober.

3. Die beiden Frühlingsmonate März und April weisen eine etwas geringere Lichtsumme auf wie die beiden Herbstmonate September und Oktober.

4. Die Periode Mai—Juni ist lichtärmer als die Periode Juli—August.

Alle vier Sätze sind auch für Kremsmünster gültig und für Kew in England, wo Baker[1]) in Roscoes Auftrag 1866 solche Bestimmungen machte. Für das Berninahospiz sind hingegen nur die Sätze 1,2 und 4 gültig, während September—Oktober mehr Licht aufweisen als März—April; dasselbe gilt, wenn auch nicht so ausgesprochen, für Fécamp in Frankreich, wo Marchand[2]) 1869—72 mit seinem Photantitypimeter Messungen anstellte.

---

[1]) Vgl. Anm. S. 210.

[2]) „ „ „ 210.

Digitized by Google

### Die Bedeutung des direkten Lichtes für die Vegetation.

Wiesner hat gezeigt, dass für die Vegetation der Ebene das diffuse Licht weitaus die grösste Rolle spielt. Ganz anders verhält es sich in der Höhe des Berninahospizes. Den bedeutenden Anteil des direkten Lichtes bei den mittäglichen Beobachtungen haben wir gesehen, doch kommt für die Pflanze viel mehr die Lichtsumme in Betracht, bei welcher die niedern Morgen- und Abendsonnenstände mit eingerechnet sind. Aus der Lichtsummen-Tabelle sehen wir, dass die Lichtsummen des direkten Lichtes über das doppelte derjenigen des diffusen betragen können (siehe die Beispiele 145 : 310, 106 : 245, 112 : 248 usw.). Im Winter sind die Summen bei Sonnenschein einander ziemlich gleich (38 : 38, 33 : 39, 34 : 34, 29 : 31 usw.).

Unter schönem Wetter ist verstanden, dass das Mittel des Sonnenscheins 3—4 sei (der 14. Mai mit dem Mittel 2,8, aber den Lichtsummen 400 : 150 : 250 gehört auch zu den schönen Tagen, da einen grossen Teil des Tages $S_4$ geherrscht hat und erst ein Gewitter am Nachmittag das Mittel heruntergedrückt hat).

Nun hat das Berninahospiz im Jahr ca. 54 % schön Wetter, in der Vegetationsperiode Juni—September sogar 64 %, in welchen der Anteil des direkten Lichtes grösser ist als der des diffusen.

Doch nicht nur für die schönen Sommertage gilt dies. In den Hauptmonaten der alpinen Vegetationsperiode Juli und August ist die Lichtsumme des direkten fast gleich der des diffusen und kann sie sogar übertreffen wie im August 1907 159 : 164, also die Summe 4929 : 5084.

Alle diese Messungen gelten für ebene Standorte. Die grossen Unterschiede, welche die Exposition bedingt, werden im Kapitel Vorderlicht-Intensitäten zur Besprechung kommen.

Die Alpenpflanzen stehen also unter ganz andern lichtklimatischen Bedingungen als die Pflanzen der Ebene und der Arktis. Da die arktischen und die Alpenpflanzen in so manchen Beziehungen unter ähnlichen Verhältnissen leben, muss der grosse Unterschied in lichtklimatischer Beziehung für die vergleichende Physiologie der arktischen und alpinen Pflanzen von besonderem Interesse werden. Hiezu fehlen noch länger fortgesetzte Messungen in der Arktis, da wir deren Lichtklima bis jetzt nur aus Wiesners einmonatlichen Nordlandsreise kennen.

## 7. Kapitel.

### Einfluss der Sonnenhöhe und der Sonnenbedeckung.

Mit steigender Sonnenhöhe steigt auch die Lichtintensität. Bei solarem Klima, d. h. wenn keine Atmosphäre vorhanden wäre, würde jeder Sonnenhöhe eine bestimmte Lichtintensität entsprechen. Auf eine gegebene Fläche fallen am meisten parallele Strahlen, wenn sie

Digitized by Google

senkrecht darauf fallen, je schiefer sie einfallen, um so weniger treffen sie die gegebene Fläche. Beim terrestren Klima hingegen sind die Beziehungen von Lichtintensität und Sonnenhöhe nicht so einfach, da andere Faktoren beeinflussend mitwirken.

Hervorragend ist der Einfluss, den die Sonnenbedeckung hat. Je weniger von Wolken oder Dunst bedeckt die Sonne ist, um so intensiver das Gesamtlicht.

**Mittel der Lichtintensitäten bei verschiedenen Sonnenhöhen bei 2320 m auf dem Dach des Berninahospizes.**

| | Sonnenhöhen | Zahl der Messungen | Mittel $J_g$ | Mittel $J_d$ | Mittel $J_s$ | Mittel $J_d : J_s$ | abs. Maximum und Minimum $J_g$ Min | $J_g$ Max | $J_d$ Min | $J_d$ Max | $J_s$ Min | $J_s$ Max |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $S_4$ | 4—10° | 16 | 106 | 73 | 33 | 100 : 45 | 0 | 230 | 0 | 122 | 0 | 108 |
| | 10—20 | 52 | 227 | 110 | 107 | 100 : 97 | 73 | 450 | 50 | 200 | 13 | 263 |
| | 20—30 | 78 | 328 | 134 | 194 | 100 : 145 | 145 | 610 | 57 | 260 | 64 | 440 |
| | 30—40 | 54 | 537 | 199 | 338 | 100 : 170 | 280 | 830 | 90 | 310 | 155 | 600 |
| | 40—50 | 53 | 751 | 258 | 493 | 100 : 191 | 450 | 1300 | 120 | 500 | 280 | 1000 |
| | 50—60 | 57 | 1101 | 379 | 722 | 100 : 191 | 670 | 1660 | 150 | 650 | 470 | 1190 |
| | 60—67 | 47 | 1323 | 435 | 888 | 100 : 204 | 900 | 1800 | 200 | 600 | 520 | 1330 |
| $S_3$ | 7—10° | 2 | 88 | 88 | 0 | 100 : 0 | 72 | 104 | 72 | 104 | | |
| | 10—20 | 6 | 146 | 107 | 39 | 100 : 36 | 111 | 190 | 88 | 125 | 11 | 80 |
| | 20—30 | 12 | 276 | 165 | 111 | 100 : 67 | 153 | 440 | 61 | 250 | 60 | 190 |
| | 30—40 | 11 | 397 | 275 | 122 | 100 : 44 | 222 | 760 | 139 | 530 | 60 | 230 |
| | 40—50 | 5 | 678 | 372 | 306 | 100 : 82 | 500 | 850 | 280 | 530 | 220 | 500 |
| | 50—60 | 9 | 828 | 469 | 359 | 100 : 77 | 650 | 990 | 340 | 630 | 170 | 460 |
| | 60—67 | 18 | 843 | 477 | 366 | 100 : 77 | 630 | 1060 | 370 | 600 | 180 | 630 |
| $S_2$ | 6—10° | 1 | 104 | | | | 104 | 104 | | | | |
| | 10—20 | 4 | 251 | | | | 178 | 310 | | | | |
| | 20—30 | 16 | 254 | | | | 123 | 430 | | | | |
| | 30—40 | 6 | 350 | | | | 260 | 450 | | | | |
| | 40—50 | 2 | 525 | | | | 410 | 640 | | | | |
| | 50—60 | 12 | 607 | | | | 420 | 750 | | | | |
| | 60—67 | 9 | 706 | | | | 370 | 900 | | | | |
| $S_1$ | 0—10° | 0 | | | | | | | | | | |
| | 10—20 | 6 | 177 | | | | 92 | 250 | | | | |
| | 20—30 | 16 | 231 | | | | 140 | 310 | | | | |
| | 30—40 | 11 | 347 | | | | 250 | 560 | | | | |
| | 40—50 | 14 | 444 | | | | 300 | 720 | | | | |
| | 50—60 | 9 | 537 | | | | 300 | 700 | | | | |
| | 60—67 | 16 | 529 | | | | 330 | 830 | | | | |
| $S_0$ | 5—10° | 6 | 60 | | | | 23 | 125 | | | | |
| | 10—20 | 15 | 119 | | | | 18 | 310 | | | | |
| | 20—30 | 39 | 196 | | | | 60 | 410 | | | | |
| | 30—40 | 23 | 227 | | | | 69 | 500 | | | | |
| | 40—50 | 25 | 308 | | | | 100 | 500 | | | | |
| | 50—60 | 21 | 497 | | | | 250 | 700 | | | | |
| | 60—67 | 38 | 421 | | | | 85 | 700 | | | | |

Digitized by Google

Auf der Tabelle habe ich die Messungen bei verschiedenen Sonnenhöhen zusammengestellt: dabei je 10° zusammengefasst und das Mittel genommen aus den Messungen, die in dieses Intervall fallen, und zwar getrennt für die fünf gewöhnlich unterschiedenen Grade der Sonnenbedeckung. Es sind zu dieser Tabelle sowohl die täglichen Mittagsbeobachtungen benutzt worden als auch die stündlichen Werte bei ganztägigen Beobachtungen. Unter 20° Sonnenhöhe sind natürlich keine Mittagsbeobachtungen, da die mittägliche Sonnenhöhe sich auf dem Berninahospiz zwischen 20° 6′ und 67° 3′ bewegt in den zur Beobachtung verwandten Jahren.

Neben den Durchschnittszahlen des gesamten, des diffusen und des direkten Lichtes sind auch die Maxima und Minima jeder Lichtart und das Durchschnittsverhältnis von diffusem zu direktem Licht angegeben. Betrachten wir die Zahlen bei $S_4$, also bei vollem Sonnenschein, die den regelmässigsten Gang aufweisen, weil voller Sonnenschein einen bestimmten Punkt der Sonnenbedeckung angibt, während die andern angenommenen Bedeckungswerte Intervalle darstellen, die durch ihre Variationsbreite einen verwischenden Einfluss auf die Zahlen ausüben.

Bei $S_4$ zeigen alle drei Kolonnen der Durchschnittswerte durchweg Steigerung mit steigender Sonnenhöhe; jedoch entspricht nicht das Maximum bei einer Sonnenhöhengruppe dem Minimum der nächsthöheren. Dies ist eigentlich selbstverständlich, dies könnte nur bei dem schon erwähnten solaren Klima der Fall sein, während beim terrestren jede Sonnenhöhe ihre bestimmte Variationsbreite von Lichtintensitätswerten hat, so dass z. B. das Maximum von 19° 59′ bis 450 hinaufgeht, das Minimum von 20° 0′ auf 145 hinunter.

Betrachten wir das Verhältnis des diffusen zum direkten Licht, so sehen wir, dass das Maximum des direkten bei Messungen unter 10° Sonnenhöhe mit 108 fast an das Maximum des diffusen heranreicht. Bis zu 6° Sonnenhöhe ist das direkte Licht meist = 0 [1]), während Wiesner in Wien bis 19° keinen Einfluss des direkten misst.

Durchschnittlich erreicht das direkte Licht auf dem Hospiz denselben Wert wie das diffuse schon bei 16°, in Wien erst bei 57°, in Kremsmünster bei 35° nach Roscoe, in Heidelberg bei 42°, in Lissabon bei 51°, in St. Petersburg bei 50°, ausnahmsweise (s. 2. Sept. 05) auf Hospiz schon bei 8° 33′, in Wien bei 33°. Unter niederen Sonnenhöhen mit beobachteter gleicher Intensität von diffusem und direktem Licht sind noch zu nennen: bei 11° 6′ (15. Jan. 06); 11° 20, (4. Mai 06); 11° 44′ (8. Aug. 06).

[1]) Eine Ausnahme an dem absolut klaren Tage des 5. Dez. 05, wo es bei 4° 52′ schon 29 ist.

Digitized by Google

Das direkte Licht erreicht durchschnittlich den doppelten Wert des diffusen bei 60—61°; bei einzelnen Beobachtungen aber schon ganz bedeutend früher, so bei 16° 12′ (2. Sept. 05); 16° 30′ (3. Dez. 05); 19° 0′ (22. Aug. 06); 20° 33′ (2. Jan. 06); 21° 21′ (7. Juli 06); 22° 0′ (8. Aug. 06); 23° 9′ (12. Mai 06). In Wien und Kremsmünster tritt dieser Fall überhaupt nur vereinzelt auf. In Wien scheint das direkte Licht überhaupt nicht über den doppelten Wert hinauszugehen, in Kremsmünster erreicht es den dreifachen, auf dem Berninahospiz geht es noch bedeutend weiter, wie folgende Zahlen zeigen.

$J_s = 3\,J_d$

22° 0′ (8. Aug. 06); 26° 6′ ( 2. Sept. 05);
26° 25′ (7. Juli 06); 36° 7′ ( 1. Sept. 05).

$J_s = 4\,J_d$

32° 14′ (8. Aug. 06); 53° 49′ (27. Aug. 06);
60° 44′ (5. Aug. 06); 66° 59′ (27. Juni 06).

$J_s = 5\,J_d$

42° 6′ (8. Aug. 06); 66° 24′ ( 8. Juni 06).

Ähnlich hohe Werte hat Wiesner[1]) in hohen Seehöhen gefunden, so $J_s = 3{,}9\,J_d$ in Old Faithful U. S. A. bei 51° 47′ Sonnenhöhe und 2245 m ü. M. am 4. Sept. 04; $J_s = 4{,}5\,J_d$ in Norris U. S. A. 2212 m ü. M. bei 53° 11′ Sonnenhöhe am 1. Sept. 04. Bemerkenswerte Zahlen habe ich noch auf höheren Gipfeln gefunden: das dreifache auf Piz Corvatsch 3442 m bei 20° 4′ am 20. Juli 05; das fünffache auf Piz Morteratsch 3754 m bei 28° 4′ Sonnenhöhe am 17. Juli 06 und auf Piz Lagalb 2962 m bei 60° 29′ am 6. Aug. 06 und noch höher, der sechseinhalbfache Wert, 180 : 970 auf Piz Tschierva 3564 m bei 43° 19′ Sonnenhöhe am 17. Juli 06. Im Sattel zwischen Piz Morteratsch und Piz Tschierva ist sogar der siebenfache Wert eingetreten, da jedoch der Horizont nicht frei ist, sondern vom Piz Morteratsch ein Teil diffuses Licht aufgehalten wird, kann dies Verhältnis nicht in Betracht gezogen werden[2]).

Gehen wir zur Tabelle zurück und betrachten die Verhältnisse bei $S_8$[3]). Sowohl gesamtes als direktes Licht sind bedeutend schwächer, das diffuse hingegen ist nicht nur relativ, sondern auch absolut höher. Unter 10° Sonnenhöhe ist kein direktes Licht zu beobachten und auf den gleichen Wert mit dem diffusen bringt es der Durch-

[1]) S. Wiesner 1905.

[2]) In Wiesners Lichtgenuss 1907 ist ein Apparat und eine Methode beschrieben, wie auch in Tälern das ganze diffuse Licht gefunden werden kann.

[3]) Intensitäten bei $S_{3-4}$, $S_{3-8}$ usw. sind nicht mitberechnet.

Digitized by Google

schnitt auch bei den höchsten Sonnenständen nicht. Bei $S_2$ ist direktes Licht nicht mehr wahrzunehmen, das gesamte ist weiter gesunken und ist identisch mit dem weiter gestiegenen diffusen, das mit 900 hier seinen absoluten Höhepunkt erreicht.

Von $S_2$ fällt die Intensität zu $S_1$ und zu $S_0$. Die Minima bei $S_0$ zeigen keinen steten Gang mit der Sonnenhöhe. Das kommt daher, dass die Variationsbreite von $S_0$ eine sehr bedeutende ist. Es ist $S_0$, wenn man keinen Schein am Himmel mehr wahrnimmt, wo die Sonne steht, doch auch die doppelte und mehrfache Wolkenschicht gehört zu $S_0$. Ein dicker Nebel kann bei hohem Sonnenstand erstaunlich niedere Lichtintensitäten hervorrufen, z. B.: 85 bei 67° 3′ am 23. Juni 07; 165 bei 66° 10′ am 8. Juli 07, 165 bei 61° 0′ am 4. Aug. 06.

**Monatsmittel der mittäglichen Lichtintensitäten bei verschiedener Sonnenbedeckung.**

| | $S_0$ | $S_1$ | $S_2$ | $S_3$ | | | $S_4$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | n | n | n | n | | | n | | |
| Jan. | 6 250 | 0 — | 6 266 | 8 244 | 169 | 76 | 14 303 | 131 | 172 |
| Febr. | 7 242 | 1 320 | 4 345 | 1 340 | 195 | 145 | 11 402 | 179 | 223 |
| März | 4 312 | 5 500 | 2 355 | 2 500 | 275 | 225 | 17 553 | 201 | 352 |
| April | 9 545 | 12 618 | 8 646 | 8 825 | 472 | 353 | 18 885 | 361 | 524 |
| Mai | 18 546 | 5 632 | 2 630 | 5 790 | 496 | 294 | 23 1234 | 447 | 787 |
| Juni | 8 318 | 5 522 | 1 750 | 6 885 | 422 | 463 | 10 1241 | 375 | 866 |
| Juli | 8 316 | 2 400 | 4 658 | 8 850 | 491 | 359 | 15 1391 | 497 | 894 |
| Aug. | 3 308 | 5 486 | 3 610 | 4 850 | 402 | 448 | 19 1259 | 394 | 865 |
| Sept. | 6 282 | 1 500 | 3 468 | 3 703 | 400 | 303 | 15 854 | 330 | 524 |
| Okt. | 2 243 | 6 308 | 1 360 | 5 398 | 252 | 147 | 12 507 | 200 | 307 |
| Nov. | 14 203 | 5 228 | 2 296 | 1 330 | 223 | 107 | 3 282 | 127 | 172 |
| Dez. | 1 272 | 2 258 | 6 190 | 2 237 | 127 | 110 | 15 246 | 104 | 142 |

Auf der Tabelle der Monatsmittel der Mittagsintensitäten bei den verschiedenen Sonnenbedeckungen ist im allgemeinen dasselbe zu ersehen wie schon beschrieben. Hingegen treten die Unregelmässigkeiten bei $S_0$ und teilweise auch bei $S_1$ — $S_3$ stärker hervor. Dies ist hauptsächlich der Variationsbreite der angenommenen Bezeichnung für die Grade der Sonnenbedeckung zuzuschreiben. Ferner kommt natürlich sehr stark in Betracht, dass einzelne Kategorien selten vorkommen, das Mittel also kein ausgeglichenes ist. Um den Wert der Mittelzahl erscheinen zu lassen, habe ich jeweilen die Zahl der Beobachtungen angegeben, aus denen sie gebildet ist. Bei $S_4$ — auf Berninahospiz überhaupt am häufigsten vertreten — sind keine bedeutenden Unregelmässigkeiten. Es dürfte vielleicht auffallen, dass der Juni mit 1241 hinter Juli und sogar August zurückbleibt, trotz-

Digitized by Google

dem letzterer schon bedeutend geringere Sonnenhöhen aufweist. Dies scheint mir nun darin zu liegen, dass in 1907, denen fast alle Messungen dieser Monate entstammen, der Juni sehr schlecht, der August sehr schön war und dies auch bei $S_4$ einen bedeutenden Einfluss auf die Klarheit der Atmosphäre und dadurch auf die Lichtintensität ausübt.

### Einfluss der Himmelsbedeckung.

Solange die Sonne am Himmel sichtbar ist, hat die Himmelsbedeckung nur geringen Einfluss auf die gesamte Lichtintensität. Dies haben Stelling in St. Petersburg, Wiesner in Wien, Schwab in Kremsmünster gefunden, und ich kann es für das Berninahospiz bestätigen. Hingegen „wenn die Sonne am Himmel nicht mehr sichtbar ist, tritt je nach dem Grade der Himmelsbedeckung bei gleichbleibendem Sonnenstande eine deutliche, oft starke Herabdrückung der chemischen Lichtintensität ein", schreibt Wiesner. Ich halte dafür, dass es auch hier nicht die Himmelsbedeckung an und für sich ist, sondern wie immer die Sonnenbedeckung. Allerdings ist bei $S_0$ die Himmelsbedeckung meist $B_{10}$, sodass Beispiele für den Einfluss der Bewölkung für diesen Fall selten sind. Wiesner führt zwei an: ein $S_0 B_9$ 214 gegenüber 5 $S_0 B_{10}$ von 149—286; ein $S_0 B_6$ 333 gegenüber 4 $S_0 B_{10}$ 200—357. Bei beiden Beispielen zeigt die geringere Himmelsbedeckung nicht eine grössere Lichtintensität als die Bedeckung $B_{10}$, sondern eine mittlere, die in die Variationsbreite des $S_0$ hineinpasst ohne Berücksichtigung der Himmelsbedeckung.

Anders verhält es sich beim diffusen Licht. Dieses wird nach meinen Beobachtungen erhöht durch Anwesenheit von Wolken. Es ist dies auch begreiflich, da die meist weissen Wolken (schwarze Regenwolken sind auszunehmen) mehr Licht reflektieren als der wolkenlose blaue Himmel. Das direkte Sonnenlicht erleidet keine Veränderung. Dies würde nun erfordern, dass bei bewölktem Himmel die gesamte Intensität grösser wäre als bei unbewölktem, da die diffuse wächst und die direkte gleichbleibt. Schwab hat dies auch in geringem Masse wahrnehmen können. Dass Wiesner und ich dies nicht bestätigen können, sehe ich in folgendem: Wenn Tendenz zu Wolkenbildung vorhanden ist, so ist die Durchsichtigkeit der Atmosphäre geringer als im gegenteiligen Fall; dadurch wird die Intensität des direkten Lichtes heruntergedrückt, was die Steigerung des diffusen Lichtes kompensieren, ja übertreffen kann. Häufig habe ich folgenden Gang beobachtet. Nach Schneefall oder Gewitter war die Luft sehr klar, die Lichtintensität hoch. Die folgenden Tage waren noch wolkenlos oder zeigten nur am Horizont

Digitized by Google

kleine Wolkenpartien, die Klarheit und damit die Lichtintensität nahmen aber ab, dann erschienen immer mehr Wolken. In dieser Reihenfolge, die ich häufig beobachtete, finden wir also sinkende Gesamtintensität, sinkende des direkten Lichtes und relativ, öfters auch absolut, steigende des diffusen.

## 8. Kapitel.

## Vorderlicht.

Die Verhältnisse des Vorderlichtes sind in pflanzenphysiologischer Beziehung sehr wichtig, da der Einfluss der Exposition hier zur Geltung kommt.

Die Bestimmungen des Vorderlichtes wurden so vorgenommen, dass der Apparat senkrecht gegen die einzelnen Himmelsrichtungen gehalten wurde, während für das Oberlicht der Apparat immer horizontal liegt. Die Zahlen gelten also für einen extremen Standort wie senkrechte Felsen und für Pflanzen, die am Fuss von Felsblöcken wachsen.

In den Tabellen bedeutet N, E, S, W das gesamte Vorderlicht aus der betreffenden Himmelsrichtung, $E_d$, $S_d$, $W_d$ das diffuse Vorderlicht, V das mittlere gesamte Vorderlicht, $V_d$ das mittlere diffuse Vorderlicht, O Oberlicht, $O_d$ diffuses Oberlicht.

**Vorderlicht-Intensitäten.**

| | S | B | h | N | E | S | W | Mittl. V | O | V:O =100: | N:S =100: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 10. Jan. 1906 | | | | | | |
| 8h 30 | 2 | 4 | 6° 35′ | 96 | 125 | 139 | 79 | 110 | 104 | 95 | 145 |
| 9 | 2 | 6° | 10 24 | 113 | 156 | 156 | 113 | 134 | 208 | 154 | 138 |
| 10 | 4 | 2 | 16 25 | 178 | 310 | 490 | 156 | 283 | 450 | 159 | 275 |
| 11 | 3-4 | 1 | 20 14 | 125 | 250 | 490 | 178 | 261 | 480 | 184 | 392 |
| 12 | 3-4 | 2 | 21 30 | 125 | 208 | 490 | 208 | 258 | 450 | 174 | 392 |
| 1 | 4 | 1 | 20 14 | 156 | 208 | 440 | 310 | 278 | 450 | 162 | 282 |
| 2 | 3-4 | 1 | 16 25 | 156 | 178 | 370 | 310 | 253 | 370 | 146 | 237 |
| 2 30 | - | 2 | 13 25 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 139 | 111 | 100 |
| | | | Lichtsumme | 45 | 65 | 112 | 62 | 71 | 110 | 155 | 249 |
| | | | | | 11. Jan. 1906 | | | | | | |
| 8h 30 | 3-4 | 1 | 6° 40′ | 70 | 178 | 156 | 70 | 118 | 156 | 132 | 223 |
| 10 | 3 | 3 | 16 31 | 83 | 139 | 310 | 104 | 159 | 178 | 112 | 373 |
| 11 | 2 | 7° | 20 20 | 187 | 208 | 310 | 250 | 239 | 310 | 130 | 166 |
| 12 | 2 | 10° | 21 37 | 208 | 250 | 420 | 250 | 282 | 420 | 149 | 202 |
| 1 | 1 | $10^{0-1}$ | 20 20 | 208 | 208 | 208 | 208 | 208 | 220 | 106 | 100 |
| 2 | 0 | $10^{1}$ | 16 31 | 156 | 156 | 156 | 156 | 156 | 208 | 133 | 100 |
| | | | Lichtsumme | 38 | 47 | 65 | 43 | 48 | 62 | 129 | 171 |

Digitized by Google

| | S | B | h | N | E | S | W | Mittl. V | O | V:O =100: | N:S =100: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 12. Jan. 1906 | | | | | | |
| 9h | 3–4 | 1 | 10° 39′ | 104 | 250 | 250 | 104 | 177 | 250 | 141 | 240 |
| 10 | 2 | 2–10° | 16 12 | 208 | 250 | 310 | 208 | 244 | 310 | 127 | 149 |
| 11 | 2–3 | 2–10° | 20 30 | 208 | 250 | 420 | 250 | 282 | 380 | 135 | 202 |
| 12 | 2–3 | 2–10° | 21 47 | 196 | 250 | 370 | 250 | 266 | 340 | 128 | 189 |
| 1 | 2-3 | 10° | 20 30 | 208 | 250 | 310 | 250 | 255 | 310 | 122 | 149 |
| | | Lichtsumme | | 38 | 52 | 69 | 44 | 51 | 66 | 130 | 181 |
| | | | | | 13. Jan. 1906 | | | | | | |
| 12h | 4 | 1 | 21° 57′ | 139 | 178 | 420 | 178 | 229 | 420 | 183 | 302 |
| | | | | | 15. Jan. 1906 | | | | | | |
| 9h | 4 | 0 | 11° 6′ | 83 | 250 | 250 | 83 | 166 | 200 | 120 | 301 |
| 10 | 4 | 0 | 17 8 | 100 | 200 | 380 | 111 | 198 | 380 | 192 | 380 |
| 11 | 4 | 0 | 21 2 | 143 | 167 | 420 | 143 | 218 | 420 | 192 | 294 |
| 12 | 4 | 0 | 22 18 | 125 | 167 | 420 | 167 | 220 | 420 | 191 | 344 |
| 1 | 4 | 0 | 21 2 | 111 | 125 | 360 | 250 | 211 | 380 | 180 | 324 |
| 2 | 4 | 0 | 17 8 | 100 | 125 | 330 | 280 | 209 | 280 | 134 | 330 |
| 3 | – | 0 | 11 6 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | | Lichtsumme | | 32 | 47 | 94 | 47 | 55 | 91 | 166 | 294 |
| | | | | | 16. Jan. 1906 | | | | | | |
| 9h | 2 | 0–10 | 11° 17′ | 83 | 143 | 143 | 83 | 113 | 125 | 111 | 172 |
| | | | | | 4. Mai 1906 | | | | | | |
| 6h 40 | 4 | 0 | 18° 8′ | 181 | 450 | 200 | 152 | 246 | 450 | 183 | 110 |
| 7 | 4 | 0 | 21 33 | 200 | 600 | 360 | 200 | 340 | 530 | 156 | 180 |
| 8 | 4 | 0 | 31 51 | 360 | 910 | 600 | 260 | 532 | 830 | 156 | 167 |
| 9 | 4 | 0 | 41 41 | 300 | 910 | 910 | 300 | 605 | 1130 | 187 | 303 |
| 10 | 4 | 1 | 50 29 | 227 | 600 | 910 | 227 | 491 | 1130 | 230 | 401 |
| 11 | 4 | 1 | 56 52 | 360 | 760 | 1010 | 227 | 590 | 1220 | 207 | 280 |
| 12 | 4 | 1 | 59 18 | 450 | 500 | 1130 | 450 | 632 | 1390 | 220 | 251 |
| 1 | 4 | 1 | 56 52 | 500 | 600 | 1130 | 500 | 682 | 1300 | 191 | 226 |
| 2 | 4 | 1 | 50 29 | 300 | 300 | 600 | 700 | 475 | 910 | 191 | 200 |
| 3 | 4 | 1 | 41 41 | 227 | 260 | 600 | 650 | 434 | 700 | 161 | 264 |
| 4 | 4 | 1 | 31 51 | 227 | 260 | 360 | 700 | 387 | 600 | 155 | 158 |
| 5 | 4 | 1 | 21 33 | 200 | 200 | 260 | 650 | 328 | 350 | 107 | 130 |
| 5 30 | 4 | 1 | 16 26 | 181 | 167 | 181 | 450 | 245 | 260 | 106 | 100 |
| 6 | 4 | 1 | 11 20 | 167 | 150 | 167 | 360 | 211 | 220 | 104 | 100 |
| 6 05 | – | 1 | 10 30 | 91 | 73 | 82 | 100 | 87 | 90 | 103 | 90 |
| 6 30 | – | 1 | 6 22 | 45 | 45 | 45 | 47 | 45 | 45 | 100 | 100 |
| | | Lichtsumme | | 154 | 271 | 343 | 224 | 248 | 455 | 183 | 223 |

Digitized by Google

| | S | B | h | N | E<br>$E_d$ | S<br>$S_d$ | W<br>$W_d$ | V<br>$V_d$ | O<br>$O_d$ | V:O =<br>$V^d:O_d$ = | N:S =<br>$N:S_d$ = |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 5. Mai 1906 | | | | | | |
| $6^h$ | 3–4 | 3 | 11° 34′ | 130 | 360<br>130 | 130 | 130 | 187<br>130 | 260<br>130 | 100:139<br>100:100 | 100:100 |
| 7 | 3–4 | 4 | 21 50 | 227 | 600<br>300 | 260 | 227 | 328<br>253 | 450<br>300 | 137<br>118 | 114 |
| 8 | 3–4 | 2 | 32 6 | 360 | 910<br>455 | 530<br>360 | 300 | 525<br>369 | 700<br>360 | 133<br>98 | 147<br>100:100 |
| 9 | 4 | 1 | 41 52 | 360 | 910<br>455 | 910<br>455 | 360 | 635<br>407 | 900<br>450 | 142<br>110 | 253<br>126 |
| 10 | 4 | 2 | 50 42 | 410 | 910<br>455 | 1010<br>480 | 430 | 690<br>444 | 1130<br>450 | 164<br>101 | 246<br>117 |
| 11 | 4 | 3 | 57 8 | 450 | 830<br>455 | 1010<br>600 | 500 | 698<br>501 | 1130<br>500 | 162<br>100 | 224<br>133 |
| 12 | 2–3 | 5 | 59 35 | 530 | 530 | 700<br>530 | 530 | 572<br>530 | 1130<br>500 | 197<br>94 | 132<br>100 |
| 1 | 4 | 4 | 57 8 | 500 | 500 | 1010<br>700 | 910<br>600 | 730<br>575 | 1300<br>610 | 178<br>106 | 202<br>140 |
| 2 | 2–3 | 6 | 50 42 | 600 | 600 | 760<br>600 | 910<br>600 | 718<br>600 | 900<br>700 | 125<br>116 | 126<br>100 |
| 3 | 3 | 5 | 41 52 | 300 | 300 | 450<br>300 | 450<br>300 | 375<br>300 | 610<br>360 | 163<br>120 | 150<br>100 |
| 4 | 3–4 | 8 | 32 6 | 300 | 300 | 360 | 530<br>360 | 372<br>330 | 450<br>300 | 121<br>91 | 120 |
| 5 | 3–4 | 6 | 21 50 | 180 | 167 | 180 | 410<br>180 | 234<br>177 | 360<br>230 | 154<br>130 | 100 |
| 6 | 0 | 9 | 11 34 | 73 | 73 | 73 | 73 | 73<br>73 | 90<br>90 | 123<br>123 | 100 |
| | | | Lichtsumme | 185 | 291<br>197 | 308<br>205 | 240<br>191 | 256<br>195 | 395<br>210 | 154<br>107 | 166<br>111 |
| | | | | | 7. Mai 1906 | | | | | | |
| $12^h$ | 1 | 8 | 60° 10′ | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 830 | 119 | 100 |
| | | | | | 12. Mai 1906 | | | | | | |
| $6^h$ | 4 | 1 | 12° 57′ | 130 | 450<br>... | 130 | 91 | 200 | 300<br>122 | 150<br>... | 100 |
| 7 | 4 | 1 | 23 9 | 180 | 760<br>227 | 180 | 167 | 322<br>188 | 450<br>180 | 140<br>96 | 100 |
| 8 | 4 | 1 | 33 24 | 227 | 910<br>260 | 450<br>260 | 200 | 447<br>237 | 830<br>230 | 183<br>97 | 198<br>114 |
| 9 | 4 | 3 | 43 21 | 260 | 1010<br>300 | 1010<br>300 | 260 | 635<br>280 | 1010<br>300 | 159<br>107 | 388<br>115 |
| 10 | 4 | 3 | 52 15 | 290 | 830<br>300 | 1010<br>400 | 290 | 605<br>320 | 1130<br>330 | 187<br>103 | 348<br>137 |
| 11 | 1 | 4 | 58 57 | 360 | 450 | 600<br>600 | 450 | 465<br>465 | 830 $S_{3-4}$<br>300 | 178<br>... | 167<br>167 |
| 12 | 3–4 | 8 | 61 30 | | | | | | 1520<br>720 | | |
| 1 | 0 | 10 | 58 57 | 450 | 450 | 450<br>450 | 450<br>450 | 450<br>450 | 610<br>610 | 135<br>135 | 100<br>100 |
| 2 | 4 | 4 | 52 15 | 400 | 450 | 760<br>450 | 830<br>450 | 610<br>438 | 1130<br>390 | 185<br>89 | 190<br>112 |
| 3 | 4 | 3 | 43 21 | 360 | 360 | 760<br>360 | 760<br>450 | 560<br>382 | 830<br>300 | 148<br>79 | 211<br>100 |
| 4 | 4 | 3 | 33 24 | 260 | 260 | 260<br>260 | 830<br>300 | 402<br>270 | 760<br>250 | 189<br>93 | 100<br>100 |

Digitized by Google

| | S | B | h | N | E | S | W | V | O | V:O = | N:S = |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | $E_d$ | $S_d$ | $W_d$ | $V_d$ | $O_d$ | $V_d:O_d$ = | $N:S_d$ = |
| | | | | | | 12. Mai 1906 | | | | | |
| 5h | 4 | 3 | 23° 9′ | 167 | 167 | 180 | 760 | 318 | 610 | 100:191 | 100:108 |
| | | | | | | | 227 | 185 | 170 | 100:92 | |
| 6 | 4 | 7 | 12 57 | 152 | 113 | 152 | 360 | 194 | 360 | 185 | 100 |
| | | | | | | | 152 | 142 | 170 | 120 | |
| | Lichtsumme | | ca. | 151 | 277 | 298 | 246 | 243 | 436 | 179 | 197 |
| | | | | | 163 | 180 | 164 | 164 | 167 | 102 | 100:119 |
| | | | | | | 8. Juni 1906 | | | | | |
| 7h | 4 | 0 | 26°31′ | 400 | 500 | 122 | 100 | 280 | 440 | 157 | 30 |
| | | | | | 130 | | | 188 | 110 | 59 | ... |
| 9 | 4 | 0 | 47 0 | 152 | 720 | 570 | 167 | 402 | 640 | 159 | 375 |
| | | | | | 260 | 200 | | 195 | 180 | 92 | 131 |
| 11 | 4 | 0-1 | 63 34 | 167 | 910 | 910 | 167 | 538 | 1000 | 186 | 545 |
| | | | | | 180 | 180 | | 173 | 200 | 116 | 108 |
| 12 | 4 | 1 | 66 24 | 167 | 180 | 650 | 200 | 300 | 1200 | 400 | 389 |
| | | | | | | 180 | | 182 | 200 | 110 | 108 |
| 1 | 3-4 | 3 | 63 34 | 180 | 180 | 910 | 670 | 485 | 760 | 156 | 505 |
| | | | | | | 227 | 227 | 203 | 200 | 98 | 126 |
| 3 | 1 | 7 | 47 0 | 260 | 260 | 260 | 260 | 260 | 320 | 123 | 100 |
| | | | | | | | | 260 | 320 | 123 | |
| | | | | | | 7. Juli 1906 | | | | | |
| 8h | 4 | 2 | 36°45′ | 113 [1] | 830 | 270 | 152 [1] | 341 | 640 | 188 | 239 |
| 9 | 3 | 7 | 46 53 | 227 | 600 | 450 | 227 | 376 | 830 | 221 | 198 |
| 10 | 3-4 | 7 | 56 15 | 300 | 910 | 910 | 300 | 605 | 900 | 149 | 303 |
| 11 | 1 | 5 | 63 24 | 227 | 300 | 300 | 260 | 272 | 760 $S_s$ | 279 | 132 |
| 12 | 3 | 5 | 66 16 | 227 | 300 | 360 | 360 | 312 | 900 | 288 | 158 |
| 1 | 3 | 4 | 63 24 | 260 | 300 | 700 | 600 | 465 | 1500 | 322 | 269 |
| 2 | 4 | 6 | 56 15 | 180 | 227 | 600 | 600 | 402 | 900 | 224 | 333 |
| 3 | 3-4 | 6 | 46 53 | 152 | 167 | 260 | 600 | 295 | 600 | 203 | 171 |
| 4 | 3 | 6 | 36 45 | 122 | 122 | 180 | 227 | 163 | 260 | 159 | 147 |
| 5 | 0 | 5 | 26 25 | 70 [2] | 80 [2] | 90 | 113 | 88 | 200 | 227 | 128 |
| | Lichtsumme | | 8—5h | 78 | 160 | 172 | 143 | 138 | 312 | 226 | 220 |

Verfolgen wir den Gang des Vorderlichtes an der Figur 10 [3], die den 15. Jan. 06, einen vollständig wolkenlosen Tag darstellt. Trotz der niedern Sonnenhöhe von 22° erreichte das direkte Licht den doppelten Wert des diffusen. Das südliche Vorderlicht hat eine Tageskurve wie das Oberlicht und ist bei niederm Sonnenstand teils gleich stark wie das Oberlicht, teils auch stärker, wie in der Tabelle des 10. und 12. Januar zu sehen ist. Nord zeigt natürlicherweise die niedersten Intensitäten, sie reichen nicht einmal an das diffuse

[1]) In N blauer Himmel, in W weisse Wolken.
[2]) In N schwarze Wolken, in E weisse Wolken.
[3]) Die Kurven sind mit den Morsealphabetzeichen gegeben: N = −·, E = −−−, S = ···, W = −··



Digitized by Google

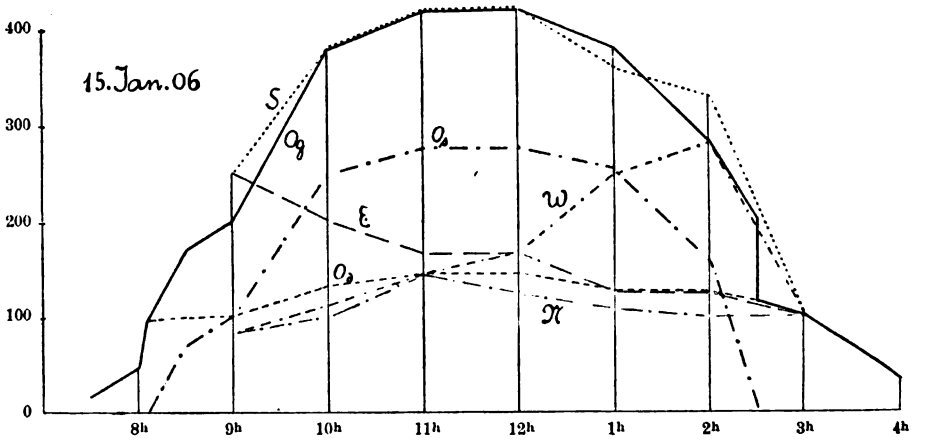



Fig. 10. Tageskurven des Oberlichtes O und des Vorderlichtes der vier Himmelsrichtungen N, E, S, W eines Wintertages.

Oberlicht heran, Ost und West sind dazwischenliegend, Ost naturgemäss morgens stark und von ca. 9 Uhr an immer abnehmend, West bis in den Nachmittag steigend.

Bei hohen Sonnenständen erreicht das Südlicht nicht mehr das Oberlicht.

Bewölkung und besonders Sonnenbedeckung wirken in hohem Masse ausgleichend.

Bei $S_{0-1}$ und $B_{8-10}$ ist kein Unterschied der Himmelsrichtungen mehr wahrzunehmen (siehe Tabelle 11. Januar und 7. Mai), das Oberlicht ist aber immer noch höher.

Selbst das diffuse Licht (Fig. 11 unten) ist etwas stärker in der Himmelsrichtung, wo die Sonne steht, das hat auch Wiesner [1]) schon gefunden. Im allgemeinen ist im Winter das Oberlicht fast gleich bis doppelt so stark als das mittlere Vorderlicht, im Sommer $1^1/_2$—3 mal [2]) so stark.

Den enormen Unterschied von Nord- und Südlage zeigt die Kolonne des Verhältnisses N : S (ausgerechnet auf N = 100). In unsern Breiten wird das nördliche Vorderlicht nie höher als das südliche, dieses aber kann mehr als den 5fachen Wert von jenem betragen (8. Juni 11 Uhr 100 : 545).

Das diffuse Licht zeigt nicht so grosse Unterschiede, Süd ist immerhin 1,00—1,67 mal stärker.

Vergleichen wir die für die Pflanzen besonders in Betracht fallenden Lichtsummen. Während der Vegetationsperiode ist die

[1]) Über das Vorderlicht siehe Wiesner II, 1898, S. 13; 1907, S. 47; Schwab S. 64.
[2]) In der Arktis nach Wiesner nur 1,54—2,17 mal so stark.

Digitized by Google

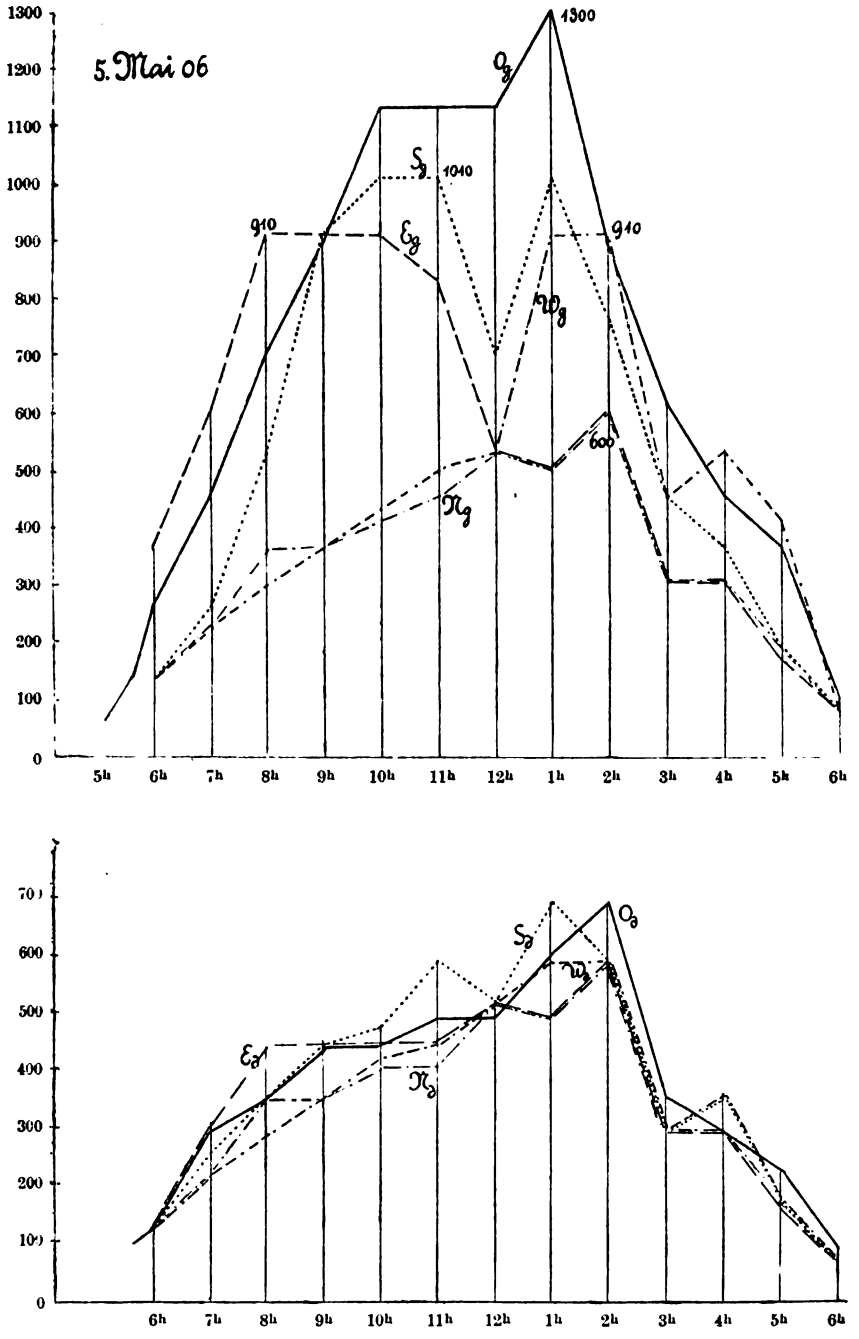



Fig. 11. Tageskurven des gesamten und des diffusen Lichtes vom Oberlicht O und dem Vorderlicht der vier Himmelsrichtungen N, E, S, W eines Tages von hohem Sonnenstand.

Digitized by Google

Lichtsumme des Oberlichtes weitaus die höchste, 1,54—2,26 mal so hoch als die des mittleren Vorderlichtes, von den Vorderlichtsummen ist Süd die höchste, Nord die niedrigste, Ost und West liegen dazwischen, fast immer Ost etwas höher als West, was wohl davon herrühren mag, dass an schönen Tagen nachmittags häufig sich der Grad der Klarheit vermindert. Die Südsumme ist 1,66—2,23 mal grösser als Nord, mehr Beobachtungen würden wohl noch höhere Zahlen liefern. Im Winter steigt die Südsumme über die Oberlichtsumme.

Die Südexposition weist also ganz bedeutend mehr Licht auf als die Nordexposition, in der Höhe noch viel mehr als in der Ebene und bedingt dies neben andern Faktoren den meist ganz verschiedenen Charakter der Vegetation in Nord- und Südlagen und den Unterschied der Höhengrenzen der Gewächse.

## Zusammenfassung der hauptsächlichsten Resultate.

1. Die höchste beobachtete Mittagsintensität des Berninahospizes ist 1800 (Wien 1500), die geringste 85 (Wien 7); das Verhältnis der niedersten zur höchsten Intensität ist 1 : 21 (Wien 1 : 214).

2. Das Gesamtlicht mit Berücksichtigung aller Tage ist in den Alpen höher als in der Ebene.

3. Bei Berücksichtigung der sonnigen Tage ist das Gesamtlicht der Höhenstation etwas höher als das der Ebene, das direkte Licht bedeutend höher, das diffuse eher etwas niedriger.

4. Bei Berücksichtigung aller Tage sogar kann auf Berninahospiz das Monatsmittel der Mittagsbeobachtungen des direkten Lichtes über das des diffusen steigen.

5. Im Jahresmittel der Mittagsbeobachtungen verhält sich das diffuse zum direkten wie 4 : 3, in der Vegetationsperiode sind sie gleich.

6. Nach reinigenden Niederschlägen sind die Intensitäten höher als im Laufe länger andauernden schönen Wetters.

7. Bei der partiellen Sonnenfinsternis des 30. Aug. 1905 reduzierte sich das Gesamtlicht auf $^1/_4$ des sonst zu erwartenden, das diffuse auf $^1/_2$, das direkte auf $^1/_7$.

8. Die höchste gefundene Lichtsumme ist 505 (Wien 419); die niederste 52 (Wien 6); das Verhältnis der niedersten zur höchsten 1 : 10 (Wien 1 : 68). Die intensiv dunkeln Tage der Ebene sind oben nicht vorhanden.

9. Die Lichtsummen des alpinen sind höher als die des Ebenenstandorts, besonders stark im Winter, worauf die Berühmtheit der Alpensportplätze beruht.

Digitized by Google

10. Die Lichtsummen des diffusen Lichtes verhalten sich zu denen des direkten im Jahresdurchschnitt etwa wie 5 : 3, in der Vegetationsperiode wie 5 : 4.

11. In ausnahmsweis schönen Monaten kann die Lichtsumme des direkten Lichtes sogar im Monatsmittel über die des diffusen steigen.

12. In der Lichtsumme des Gesamtlichtes haben wir das Lichtklima des horizontalen sonnigen Standortes zu sehen, in der des diffusen das des Schattenstandortes.

13. An einzelnen Tagen kann die Lichtsumme des direkten Lichtes über den doppelten Wert des diffusen steigen.

14. Die Intensität steigt mit der Sonnenhöhe. Das direkte Licht ist nicht messbar bis 6° (Wien 19°); es erreicht durchschnittlich denselben Wert wie das diffuse bei 16° (Wien 57°), ausnahmsweise bei 11° (Wien 33°); den doppelten Wert durchschnittlich bei 60° (Wien nicht mehr), vereinzelt von 16° an (Wien hie und da); den dreifachen vereinzelt von 22° an (Wien überhaupt nicht, Kremsmünster selten); den vierfachen von 32° an; den fünffachen einmal bei 42°, einmal bei 66° (nach Wiesner den 4½ fachen in Norris U. S. A. 2212 m ü. M. bei 53°); den 6½ fachen auf Piz Tschierva 3564 m bei 43°.

15. Das gesamte und das direkte Licht sinken mit zunehmender Sonnenbedeckung, das diffuse steigt von $S_4$ bis $S_2$ und sinkt von dort an (absolutes beobachtetes Maximum von $J_d$ bei $S_2$ 900).

16. Himmelsbedeckung als solche hat durch vermehrte Reflexion einen lichtintensitätserhöhenden Einfluss, der aber durch begleitende Trübungserscheinungen meist mehr als aufgehoben wird.

17. Mit steigender Sonnenhöhe nimmt das Vorderlicht im Vergleiche zum Oberlicht ab, bei niederm Sonnenstand kann das südliche Vorderlicht stärker sein als Oberlicht.

18. Das stärkste nicht nur gesamte, sondern auch diffuse Licht zeigt das Vorderlicht der Himmelsrichtung, wo die Sonne steht.

19. Bewölkung und Sonnenbedeckung wirken ausgleichend auf die verschiedenseitigen Vorderlichte; bei $S_{0-1}$ und $B_{8-10}$ ist kein Unterschied der Intensität der verschiedenen Himmelsrichtungen mehr wahrzunehmen.

20. Oberlicht ist gleich bis dreimal so stark als das mittlere Vorderlicht; südliches bis 5½ mal so stark als nördliches Vorderlicht

21. Die Lichtsummen von Oberlicht sind 1½ bis 2¼ mal so gross als die von mittlerem Vorderlicht, ebenso die südliche Vorderlichtsumme 1½ bis 2¼ mal so gross als die nördliche, was für die Pflanzen der Südlagen ganz andere Bedingungen schafft als für die der Nordlagen.

Digitized by Google

## Literaturverzeichnis.

Baxendell, s. Roscoe & Baxendell.

Brennard, W., Photochemic observation of the Sun & Sky. Proceed. of the Royal Soc. of London, Vol. 49 (1891) S. 4—7.

Bunsen & Roscoe, Photochemische Untersuchungen.

I. Pogg. Ann. Bd. 96 (1855) S. 373—394.

II. Massbestimmungen der chemischen Wirkungen des Lichtes. Pogg. Ann. Bd. 100 (1857) S. 43—88.

III. Erscheinungen der photochemischen Induktion. Pogg. Ann. Bd. 100 (1857) S. 481—516.

IV. Optische und chemische Extinktion der Strahlen. Pogg. Ann. Bd. 101 (1857) S. 235—263.

V. Die Sonne. Pogg. Ann. Bd. 108 (1859) S. 193—273.

VI. Meteorologische Lichtmessungen. Pogg. Ann. Bd. 117 (1862) S. 529—562.

— Photochemical researches.

I. Measurement of the chemical action of light. Phil. Trans. 1857, S. 355—380.

II. Phenomena of photochemical induction. Phil. Trans. 1857, S. 381—402.

III. Optical and chemical extinction of the chemical rays. Phil. Trans. 1857, S. 601—620.

IV. The Sun. Phil. Trans. 1859, S. 879—926.

V. On the direct measurement of the chemical action of sunlight. Phil. Trans. 1863, S. 139—160.

Clements, F. E., Research methods in Ecology. Lincoln, Ne. The University Publishing Co. 1905 (Über Licht S. 48—64).

Draper, J. W., Description of the Tithonometer, an instrument for measuring the chemical force of the Indigo-tithonic rays. Philos. Mag. Bd. XXIII 3. Serie (1843) S. 401—415.

Engelmann, Assimilations- und Absorptionskurve. Bot. Ztg. 1883, 1884.

Elster & Geitel, Über die Absorption des ultravioletten Sonnenlichtes in der Erdatmosphäre, Sitzungsber. d. k. Akad. der Wissensch. in Wien. Bd. 101 (1892) S. 835—856.

Hartig, Th., Photometrisches. Allg. Forst- und Jagdztg. Jan. 1877. (abgedruckt in Wiesner 1907 S. 276—279).

Hesselman, H., Zur Kenntnis des Pflanzenlebens der schwedischen Laubwiesen.

Kissling, Beiträge zur Kenntnis des Einflusses der chemischen Lichtintensität auf die Vegetation. Halle 1895.

Kreusler, W., Eine Methode für fortlaufende Messungen des Tageslichtes und über deren Anwendbarkeit für pflanzenphysiologische Untersuchungen, Ldw. Jahrbücher Bd. 2 (1878).

Linsbauer, L., Photometrische Untersuchungen über Beleuchtungsverhältnisse im Wasser. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien. Bd. 114 (1905).

Marchand, Etude sur la force chimique contenue dans la lumière du soleil. Paris, Gauthier-Villars.

Pernter, J. M., Die Methoden der Messung der chemischen Intensität des Lichtes. Zeitschr. d. österr. Ges. für Meteorol. Bd. 14 (1879) S. 254—263.

— Die Resultate der bisherigen photochemischen Messungen des Sonnenlichtes. Zeitschr. d. österr. Ges. für Meteorol. Bd. 14 (1879) S. 401—426.

Digitized by Google

Radau, Les radiations chimiques du soleil. Paris 1877.
Roscoe, H. E., On the measurement of the chemical action of light. Roy. Inst. Proc. II. (1854—58) S. 223—225.
— On the measurement of the chemical action of the solar rays. Roy. Inst. Proc. III. (1858—62) S. 210—217.
— On the measurement of the chemical brightness of varions portions of the sun's disk. Roy. Soc. Proc. XII. (1862—63) S. 648—650.
— Bestimmung der chemischen Helligkeit an verschiedenen Teilen der Sonnenscheibe. Pogg. Ann. Bd. 120 (1863) S. 331.
Roscoe, H. E., On a method of meteorological registration of the chemical action of total daylight. Phil. Trans. Vol. 155 (1865) S. 605—632.
— Einfaches Instrument zu meteorologischen Lichtmessungen in allgemein vergleichbarem Masse. Pogg. Ann. Bd. 124 (1865) S. 353—390.
Roscoe & Baxendell, Über die relativen chemischen Intensitäten des direkten und zerstreuten Sonnenlichtes. Pogg. Ann. Bd. 128 (1866) S. 291—298.
— Note on relative chemical intensities of direct sunlight and diffuse daylight at different altitudes of the sun. 1866, Roy. Soc. Proc. XV. (1867) S. 20—24.
Roscoe, H. E., Über die chemische Intensität des gesamten Tageslichtes zu Kew und Parà. Pogg. Ann. Bd. 132 (1867) S. 404—425.
— On the chemical intensity of total daylight at Kew and Parà 1865, 66 und 67. Phil. Trans. Vol. 157 (1867) S. 555—569.
Roscoe & Thorpe, On the relation between the sun's altitude and the intensity of total daylight in a cloudless sky. Phil. Trans. Vol. 160 (1870) S. 309—316
— Über die Beziehungen zwischen der Sonnenhöhe und der chemischen Intensität des Gesamttageslichtes bei unbewölktem Himmel. Pogg. Ann. Erg. Bd. 5 (1871) S. 177—192.
— On the measurement of the chemical intensity of total daylight made at Catania during the total eclipse of Dec. 22nd 1870. Phil. Trans. Vol. 161 (1871) S. 467—476.
Roscoe, H. E., On measurements of the chemical intensity of total daylight, made during the recent total eclipse of the sun by captain J. Herschel (1868). Manchester, Lit. Phil. Soc. Mem. IV. (1871) S. 202—206.
— On a self-recording method of measuring the intensity of the chemical action of total daylight. Roy. Soc. Proc. XXII (1873—74) S. 158—159.
— Über ein selbstregistrierendes Instrument zu meteorologischen Lichtmessungen in allgemein vergleichbarem Masse. Pogg. Ann. Bd. 151 (1874) S. 268—285.
Rübel, E., Über Lichtmessungen, Vortrag. Deuxième Congrès des Jardins Alpins tenu à Pont-de-Nant (Vaud) le 6 août 1906, S. 26—34.
Schramm, W., Über die Verteilung des Lichtes in der Atmosphäre, Dissertation Kiel 1901.
Schröter, C., Lichtwirkung in: Pflanzenleben der Alpen. Zürich 1908, S. 636—647.
Schwab, P. F., Über das photochemische Klima von Kremsmünster, Denkschr. d. k. Akad. d. Wissensch., math.-nat. Cl. Bd. 74 (1904).
Stahl, E., Laubfarbe und Himmelslicht. Nat. wiss. Wochenschr. Bd. V. Nr. 19 (1906).
Stebler & Volkart, Beiträge zur Kenntnis der Matten und Weiden der Schweiz, XV. Der Einfluss der Beschattung auf den Rasen. Landw. Jahrb. d. Schweiz 1905.
Steenstrup, K. J. V., Om Bestemmelsen af Lysstyrken og Lysmaengden. De la détermination de l'intensité et de la quantité de la lumière. Meddelelser om Gronland. Kopenhagen 1902 S. 1—11; franz. Résumé S. 243—245.
Stelling, Ed., Photochemische Beobachtungen der Intensität des gesamten Tageslichtes in St. Petersburg. Repertor. f. Meteorol. hsgeg. v. d. k. Akad. d. Wissensch. T. VI. Nr. 6 (1878) Petersburg.

Digitized by Google

Thorpe, s. Roscoe & Thorpe.
Timirjazeff, The cosmical function of the green plant. Roy. Soc. Proc. Vol. 72 (1903).
Vallot, Ann. de l'observ. meteor., phys. et glaciaire du Mont Blanc T. III. S. 81—96.
Vogel's chemisches Photometer. Pogg. Ann. Bd. 134 S. 146.
Weber, L., Resultate der Tageslichtmessungen in Kiel 1890—92, 1892—95, 1898—1904. Schriften d. naturwiss. Vereins f. Schleswig-Holstein Bd. 10 (1893) S. 77—94; Bd. 11 S. 48; Bd. 13 (1905) S. 97—114.
— Intensitätsmessungen des diffusen Tageslichtes. Meteor. Zeitschr. 1885 S. 163—172; 219—224; 451—455.
v. Weinzierl, Th., Alpine Futterbauversuche. Sep. Abd. aus: Zeitschr. f. d. landwirtschftl. Versuchswesen in Österreich 1902 S. 219—225.
Wiener, Ch., Über die Stärke der Bestrahlung der Erde durch die Sonne in ihren verschiedenen Breiten und Jahreszeiten 1876.
— Über die Helligkeit des klaren Himmels und die Beleuchtung durch Sonne, Himmel und Rückstrahlung. Abh. d. kais. Leop. Carol. Deutschen Akad. d. Naturforscher Bd. 73 (1900).
Wiesner, J., Photometrische Untersuchungen auf pflanzenphysiologischem Gebiete.
I. Orientierende Versuche über den Einfluss der sog. chemischen Lichtintensität auf den Gestaltungsprozess der Pflanzenorgane. Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissenschaften Bd. 102 (1893).
II. Untersuchungen über den Lichtgenuss der Pflanzen mit Rücksicht auf die Vegetation von Wien, Kairo und Buitenzorg. Ebenda Bd. 104 (1895).
III. Untersuchungen über den Lichtgenuss der Pflanzen im arktischen Gebiete. Ebenda Bd. 109 (1900).
IV. Über den Einfluss des Sonnen- und des diffusen Tageslichtes auf die Laubentwicklung sommergrüner Holzgewächse. Ebenda Bd. 113 (1904).
V. Untersuchungen über den Lichtgenuss der Pflanzen im Yellowstonegebiet und in andern Gegenden Nordamerikas. Ebenda Bd. 114 (1905).
— Untersuchungen über das photochemische Klima.
I. Unters. ü. d. ph. Kl. von Wien, Kairo und Buitenzorg, unter Mitwirkung von W. Figdor, F. Krasser und L. Linsbauer. Denkschriften der k. Akad. der Wissensch. in Wien Bd. 44 (1896).
II. Beiträge zur Kenntnis d. ph. Kl. im arktischen Gebiet. Ebenda Bd. 67 (1898).
III. Beiträge zur Kenntnis d. ph. Kl. d. Yellowstone-Gebietes und einiger anderer Gegenden Nordamerikas, unter Mitwirkung von L. v. Portheim. Ebenda Bd. 80 (1906).
— Der Lichtgenuss der Pflanzen. Leipzig, Engelmann, 1907.

Digitized by Google

# Zur Tektonik Siziliens.

Von

P. Arbenz.

(Mit einer Profilansicht.)

---

Lugeon und Argand[1]) haben im Frühjahr 1906 Sizilien als ein Deckenland bezeichnet. Sie begründeten ihre Ansicht an Hand einzelner Beispiele aus der Umgebung von Palermo. Hernach erklärten sie den allgemeinen Bau der Insel als übereinstimmend mit der Deckentheorie.

G. Di-Stefano[2]) hat sich als erster über die Lugeon-Argand'sche Theorie geäussert. Er betrachtet sie als gänzlich unhaltbar, weil sie nach seiner Ansicht durch keinerlei Tatsachen bewiesen werden könne.

Die mesozoischen Dolomit- und Kalkmassen des westlichen Siziliens bilden teils zusammenhängende Gebirgskomplexe, teils einzelne Bergzüge, schroffe Kämme oder auch bloss kleinere Stöcke, die aber stets über das umgebende Land emporragen. In der Regel wird der Fuss dieser Berge von mitteleocänen Mergeln und Sandsteinen (Argille scagliose etc.) eingenommen. In diesen liegen alle tiefen Täler. Die mesozoischen Bergzüge ragen wie Inseln aus dem Eocän heraus. Dass es aber vielfach keine Inseln sind, denen das Eocän ringsum angelagert ist, sondern dass das Eocän unter den Kalkmassen durchzieht, das scheint schon aus der vorzüglichen geologischen Karte von Sizilien, 1 : 100 000, deutlich hervorzugehen, und dass dies wirklich der Fall sei, haben Lugeon und Argand ausgesprochen. Allerdings fanden

[1]) M. Lugeon et E. Argand. Sur de grands phénomènes de charriage en Sicile. Comptes Rendus de l'Ac. des Sc. Paris, t. CXLII 23 avril 1906. — Sur la grande nappe de recouvrement de la Sicile. Ibid. 30 avril 1906. — La racine de la nappe sicilienne et l'arc de charriage de la Calabre. Ibid. 14 mai 1906.

[2]) G. Di-Stefano. J pretesi grandi fenomeni di carreggiamento in Sicilia. Rend. d. Acc. d. Lincei Roma, XVI, 1. sem. p. 258—271 e p. 375—381. 1907.



Digitized by Google

sich in der ältern Literatur weder in den Profilen, die der Karte beigegeben sind, noch in Baldacci's[1]) Beschreibung Anhaltspunkte, dass das Eocän tatsächlich und beobachtbar unter die Trias- und Juramassen einfalle. Auch Di-Stefano versichert, dass das Eocän nur angelagert sei[2]), und wenn die „Argille scagliose" die Trias unterteufen, wie z. B. am Pizzo Busambra zwischen Palermo und Corleone, so seien diese Schichten nicht eocänen, sondern triasischen Alters. Derselbe Autor erwähnt ferner verschiedene Stellen, wo beobachtbare vertikale Bruchflächen zwischen Eocän und Trias vorkommen; er gibt aber nicht an, ob an diesen „specchi di faglia" vertikale Bewegungen stattgefunden haben. Die Lugeon-Argand'sche Theorie erklärt die tektonischen Verhältnisse, besonders des westlichen Siziliens, aufs Beste; die Ansichten Di-Stefano's, dieses gründlichen Kenners von Sizilien, stehen ihr aber diametral gegenüber.

Einige Beobachtungen an Ort und Stelle, die ich im Frühjahr 1908 zu machen Gelegenheit hatte, mögen in den folgenden Zeilen mitgeteilt werden.

Die Dolomit- und Kalkberge der Umgebung von Palermo bilden eine zusammenhängende Masse, die sich vom Golf von Castellamare im Westen bis Bagheria im Osten erstreckt. Weiter im Westen, jenseits des Golfes von Castellamare erhebt sich wiederum ein schroffes Dolomitmassiv, das von den gleichgebauten Bergen von Palermo durch die breite Quartärebene von Castellamare und Partinico getrennt wird. Am Aufbau dieser Gebirgsmassen nimmt die Trias in einer an die ostalpine Facies erinnernden Ausbildung vorwiegenden Anteil. Untergeordnet treten auch Lias, Dogger, Malm und Kreide auf. Alle diese Formationsglieder, mit Ausnahme einiger Partien der Trias, ferner der Kieselschiefer des oberen Lias sind als Dolomite oder Kalke entwickelt. Die Schichtung ist vielfach sehr schwach ausgebildet, oftmals ist sie gar nicht erkennbar.

Dieses Bergland von Palermo hört gegen Süden an einer West-Ost verlaufenden, zackigen Linie mit einem Steilabfall plötzlich auf, z. B. am M. Pelevet westlich Piana dei Greci. Es folgt eine schmale Zone mit Eocängesteinen und darauf weiter südlich eine genau Ost-West streichende Bergkette aus Jurakalken, die von Ogliastro (im Osten) bis S. Giuseppe Jato und S. Ciripello (im Westen) reicht. In ihr liegen die Rocca di Marineo, der Monte S. Agata, der Czo. Malanoce und die

[1]) L. Baldacci. Descrizione geologica dell' Isola di Sicilia. Mem. descr. della Carta geol. d'Italia. I. 1886.

[2]) Di-Stefano, loc. cit. p. 259: „da qualunque lato si osservi la base dei monti della Sicilia occidentale non si vede mai l'Eocene penetrar sotto il Trias o sotto gli altri strati secondari".

Digitized by Google

hohe Serra della Cometa. Beide Enden dieser Kette werden von Eocän umgeben. Auch ihrem Südfuss entlang zieht sich Eocän, das weit über Corleone hinaus und östlich bis zum Tale des Torto reicht. Vielfach wird es von Miocän bedeckt, das westlich Ciripello und östlich des Tortotales dominiert.

Zwischen der genannten Kette der Cometa und Corleone ragt noch der ebenfalls Ost-West streichende imponierende Jurakalk-Kamm der Rocca Busambra (1615 m) aus dem Eocänland heraus, und in deren westlicher Verlängerung tauchen noch mehrere kleinere jurassische Kalkklippen aus dem Eocän und Miocän auf. Südlich Corleone endlich beginnt ein neues Bergland. Dieses Dolomit- und Kalkgebirge enthält an einer Stelle marines Perm, im übrigen aber besteht es vorwiegend aus Trias. Es reicht in der Gegend von Sciacca bis nahe an die Küste. Ihrem Aufbau nach ist diese Gebirgsgruppe derjenigen von Palermo ähnlich. Sie ist jedoch weniger zusammenhängend. Zwischen den einzelnen mesozoischen Kalkklötzen erscheint in den Vertiefungen überall das Eocän.

Sowohl in den Kalkmassen wie auch in den eocänen Flyschgesteinen lassen sich Faltungen nachweisen. Der Schub ist unzweifelhaft von Norden gekommen, wie man aus verschiedenen gegen Süden übergelegten Falten in der Umgebung von Palermo, z. B. am Pizzo Mirabello, ersehen kann. Im einzelnen ist jedoch der Verlauf der Falten wegen der undeutlichen Schichtung mancher Gesteine sehr schwierig nachzuweisen.

Von besonderem Interesse sind diejenigen Linien und Zonen, an denen das Eocän mit den mesozoischen Kalken zusammentrifft. Dort müsste es möglich sein zu entscheiden, ob die Kalkmassen, wie Di-Stefano versichert, in der Tiefe wurzeln und an Ort und Stelle geblieben sind, oder ob sich Spuren grosser tangentialer Bewegungen in der Erdrinde nachweisen lassen, ob sich das Eocän an die Kalkmassen anschmiegt oder ob es die Kalke der Trias und des Jura unterteuft.

Der Südabsturz der Kalk- und Dolomitmasse von Palermo schien mir günstige Aufschlüsse zu versprechen. Insbesondere richtete ich mein Augenmerk auf die Verhältnisse am Monte Pelevet.

Die Triasschichten[1]) südlich der Portella della Paglia und am Monte Pelevet streichen im allgemeinen Ost-West und fallen steil gegen Süden ein. Stellenweise sind sie stark gefaltet und zum Teil gegen Süden überliegend. Die jüngsten Schichten sind diejenigen am

[1]) Man findet dort nicht bloss den „norischen Dolomit“ ($t_2$ der Karte), sondern auch die Dolomite mit Silexknauern und -lagen ($t_3$) die auf der Karte nicht verzeichnet sind.

Digitized by Google

Südrand des Massivs. Auf diese schliesst sich ebenfalls vertikal stehend oder steil gegen Süden oder Norden einfallend das Eocän. Zunächst an die Dolomite grenzen einige hundert Meter Mergel, dann folgen grobe Sandsteine von 20 Meter Mächtigkeit und schliesslich wiederum eocäne Mergel, die im Süden bis zum Fuss der Serra della Cometa reichen. Durchquert man diese eocäne Mulde von Nord nach Süd, so sieht man, wie die Schichten z. B. zunächst steil gegen Süd fallen, dann vertikal stehen und schliesslich flaches Nordfallen zeigen. Die Eocänzone südlich des M. Pelevet ist somit eine spitzwinklige Synklinale mit vertikalem Nordschenkel und flachem Südschenkel. Die Umbiegung liegt in beträchtlicher Tiefe, wenn überhaupt eine solche existiert. (Vgl. die Profile.)

Die Triasmasse des Monte Pelevet ragt halbinselförmig gegen Süden in diese Eocänzone, in der Piana dei Greci und die Portella ginestra liegen, hinein. Dieses Vorspringen gegen Süden beträgt etwa 2 km. Die Eocänschichten umziehen in mehr oder weniger vertikaler Stellung diese Triasecke. In ihrem Streichen sind sie stark geknickt, im Ganzen um 90°. Einen ähnlichen Vorstoss gegen Süden macht in der westlichen Fortsetzung des Steilrandes der Monte Fiera. Während im Eocän das Streichen wechselt, zeigt der Dolomitsteilrand stets ungefähr Ost-West Streichen der Schichten.

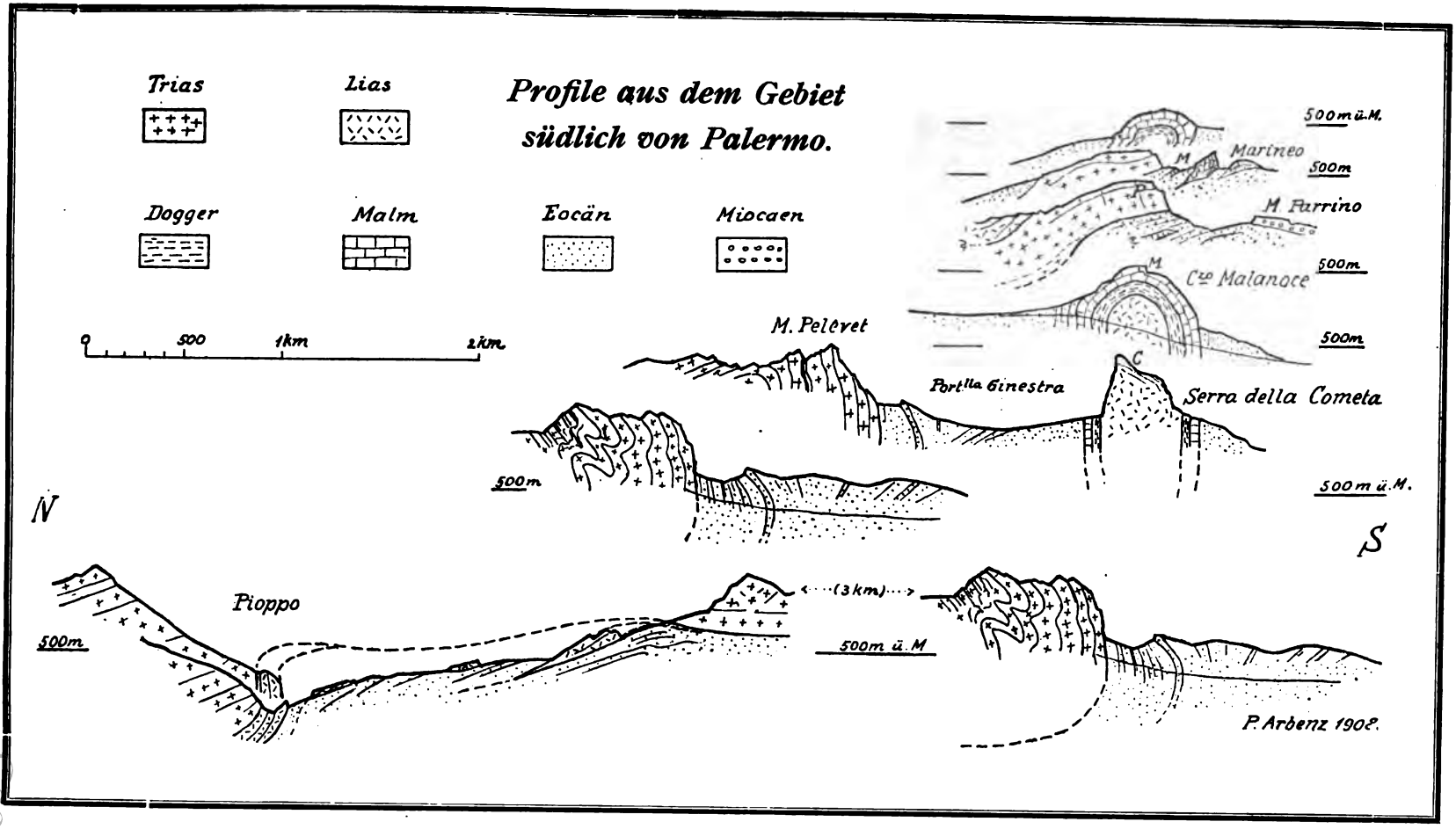
Diese in die Eocänzone hineinragenden halbinselförmigen Dolomitmassen mit vertikaler Stellung der Schichten und Ost-West-Streichen derselben verdanken ihre Entstehung sehr wahrscheinlich bedeutenden Transversalverschiebungen. Diese Triaskomplexe bildeten in sich ziemlich starre Klötze, die ihr Schichtstreichen beibehielten, während sich das Eocän, in das sie hineingestossen wurden, ihnen anpasste und in seinem Streichen vielfach abgelenkt worden ist.

Diese genannten Vorstösse von Trias haben auf den Verlauf der Serra della Cometa, die im Folgenden kurzweg Cometakette genannt wird, keinen Einfluss ausgeübt. Das Eocän lag als schmiegsames Isolationsmittel dazwischen.

Eine Überschiebung des Trias auf das Eocän ist somit südlich des Monte Pelevet wenigstens an der Oberfläche nicht vorhanden. Ob eine solche aber in der Tiefe vorhanden sein mag, davon wird weiter unten die Rede sein.

Jurassische Schichten fehlen zwischen der Trias des Pelevetabfalles und dem Eocän. Erst weiter östlich, bei Piana dei Greci tritt Lias in grösserer Menge auf. Echinodermenkalke und Kieselschiefer setzen ihn in der Hauptsache zusammen. Ob er das normal gelagerte Hangende der Trias von Parco darstellt, ist nicht ganz sicher. Er

Digitized by Google




Digitized by Google

liegt, wie es scheint, nirgends auf Rhät, welches doch z. B. am Monte Grifone ziemlich sicher im Hangenden der Trias nachgewiesen worden ist.

In der Umgebung von Palermo kommt Lias noch an vielen Stellen vor. Einzig am Monte Pellegrino und an den Bergen des Capo Gallo liegt er normal zwischen Trias und Dogger, resp. Malm. Überall in diesem Gebiete ist der Dogger äusserst gering entwickelt. Der Malm besteht aus einem mächtigen, grobbankigen Korallenkalk, dem „calcare ceruleo con vene spatiche". An den meisten Lokalitäten zieht sich der Lias, zusammen mit dem Malm am Fusse der Triasberge entlang, an der Grenze zwischen dem Eocän, das die tiefern Gehänge einnimmt, und den hoch aufstrebenden Triasmassen.

Wesentlich andere Verhältnisse treten uns in der Cometakette zwischen Ciripello und Marineo entgegen. Dort bilden schlecht geschichtete liasische Kalke den Kern der Kette. An diese schliesst sich der Dogger der Zone mit *Posidonomya alpina* in Form von gut entwickeltem, braunrotem Kalk, der stellenweise von Fossilien gänzlich erfüllt ist. Der Malm ist durch einen gut geschichteten hellen bis schneeweissen Kalk (Lattimusa) vertreten, in welchem anderwärts unter anderm die Transversarius- und Acanthicuszonen nachgewiesen worden sind. Die Kieselschiefer, wie sie im obern Lias der Palermitanerberge vorkommen, fehlen hier gänzlich. Die Korallenfacies des calcare ceruleo im Malm ist hier durch eine vollständig abweichende Ausbildung ersetzt.

Vergleicht man die übrigen Vorkommnisse von Jura im westlichen Sizilien, so zeigt es sich, dass die Jurafacies von Palermo auch am Monte Cane und in den Madonien, also im nördlichen Teil der Insel herrscht, während diejenige der Cometakette sich südlich daran anschliesst und z. B. am Monte S. Giuliano di Trapani, am Monte Bonifato bei Alcamo und im Bergrevier von Corleone auftritt. Ein Übergang der einen Facies in die andere oder eine Vermengung beider ist mir aus der Literatur nirgends bekannt geworden.

Nach der geologischen Karte ist zu ersehen, dass sich diese beiden wohl charakterisierten Faciesgebiete an einer Stelle berühren, nämlich bei Marineo, nahe dem Ostende der Cometakette.

Wie schon gesagt wurde, verläuft diese Kette geradlinig von West nach Ost, ohne von dem vorspringenden Triasklotz des Monte Pelevet alteriert zu werden. Ihr tektonischer Bau ist sehr einfach. Sie besteht aus einem aufrechten Gewölbe, dessen beide Schenkel meistens vertikal gestellt sind, und dessen Umbiegung sowohl bei

Digitized by Google

Ciripello als auch südlich Piana dei Greci (Czo. Malanoce) im Malm vollständig erhalten ist. Die Biegung im Malm liegt nicht überall in gleicher Höhe. Von Ciripello steigt sie ostwärts bedeutend an, springt dann aber an der Kluse östlich der Serra della Cometa wohl infolge eines Vertikalbruches um ca. 200 m tiefer hinab,[1]) um gegen Osten wieder langsam anzusteigen. Der gut geschichtete obere Malm zeigt am Südfuss der Kette nicht selten intensive Fältelungen, die auf einen Schub gegen Süden deuten. Der Nordschenkel ist nicht überall gut erkennbar. An der Strasse südlich Malanoce steigen die Malmschichten rasch gegen Süden empor. Sie zeigen Spuren intensiver Pressung, z. B. enthalten sie an einer Stelle eine Dislokationsbreccie in Form eines feinen und groben Kalkgruses. Der Nordschenkel ist nicht gefältelt, vor allem erscheinen nirgends Spuren eines Schubes gegen Norden. Der Scheitel des Gewölbes von Malanoce ist durch einen Längsbruch einigermassen zerstört. Die Partie südlich des Bruches ist abgesunken und zwar um ca. 20 m. Stellenweise ist eine flexurartige Abbiegung der Schichten erkennbar.

Verfolgt man diese Kette weiter ostwärts, so sieht man, dass die jurassischen Schichten mit dem Monte S. Agata (4 km östlich des Czo. Malanoce) aufhören. An ihre Stelle tritt Trias. Der Fluss Scanzano durchbricht in einer Schlucht diese Trias, die zu beiden Seiten als hohe Felsstöcke (M. Parrino z. B.) aufragt. Gleich östlich dieses Triasvorkommnisses, bei Marineo, setzt die jurassische Kette wieder ein und reicht noch einige Kilometer ostwärts (bis Ogliastro), um dann im Eocänland aufzuhören. (Vgl. die Profile.)

Das Studium der Umgebung von Marineo und des Tales des Scanzano haben mich zur Überzeugung gebracht, dass die Trias am Scanzano und am Monte Parrino nicht das normale Liegende der jurassischen Schichten der Cometakette und der Gegend von Marineo sein kann. Sie gehört vielmehr zusammen mit den liasischen Schichten, die sie bedecken (darunter auch die Kieselschiefer!) zur Triasmasse von Palermo. Wie am Monte Pelevet, doch in viel beträchtlicherem Masse wurde hier die Trias keilförmig gegen Süden

[1]) Die Karte erscheint hier nicht ganz zuverlässig. Der Gipfelkamm der Serra della Cometa besteht aus schlecht geschichtetem, hellem Kalk, der keinerlei Umbiegung zeigt, der aber bei Malanoce vom Malm überwölbt wird, und auch nördlich wie südlich von Dogger begleitet wird. Offenbar ist dies der calcare subcristallino a crinoidi des mittleren Lias, der bei S. Giuseppe Jato am Nordhang der Kette auftritt. Dort, gegen das Westende der Kette ist die Antiklinale entweder gedoppelt oder ihr Nordflügel ist durch Erosion verschwunden. Ich glaube nicht, dass der Liaskalk direkt an Eocän stösst, wie auf der Karte und in Baldacci's Profil (loc. cit. p. 180) angegeben ist. Östlich des Ohone-Durchbruches scheint der Liaskern der Kette nicht mehr zum Vorschein zu kommen.

Digitized by Google

vorgeschoben. Während sie am Pelevet die Cometakette nicht erreicht hat, ist sie westlich Marineo gänzlich in diese hinein gedrungen.

Der Felszahn, an den Marineo angelehnt ist, besteht aus Malm (Tithon). Die Schichten sind besonders an seinem Westfusse intensiv gefältelt, von Adern durchsetzt, überhaupt in jeder Weise „gequält". Gegen Osten entwickelt sich aus diesem eng zusammengepressten Kalkpaket ein normales Gewölbe, gleich dem von Malanoce. Steigt man aber von diesem jurassischen Zahn von Marineo gegen Westen in das Tal des Scanzano hinab, so muss man sich davon überzeugen, dass der Jurazahn weder nach Westen noch nach der Tiefe des Tales eine Fortsetzung besitzt, denn man findet nichts anderes als Eocän, welches unter anderem durch einen Basaltgang gekennzeichnet ist. Der Felszahn von Marineo erscheint von Westen gesehen als typische Klippe.

Die Trias, die bei Marineo den Jura ablöst, ist dicht an den Malm herangedrängt. Zwischen beiden Komplexen zieht sich aber das Eocän hindurch, als Verbindungsstück zwischen dem Eocän am Südfuss der Cometakette und demjenigen im Norden. In diesem schmalen Eocänstreifen von ca. einem Kilometer Länge schwimmen kleinere Partien von eng zusammengepresstem Malmkalk. Westlich des Monte Parrino, wo nach der Karte und den Textnotizen Baldaccis normale Verhältnisse herrschen, konnte ich keine klare Vorstellung bekommen. Möglicherweise streicht auch dort zwischen M. Parrino (Trias) und M. S. Agata (Malm) das Eocän hindurch, begleitet von Lias.

Von besonderem Interesse ist das Verhalten des Eocäns zur Trias im tiefen Tale des Scanzano westlich Marineo. Die Trias des Monte Parrino steht nicht wie diejenige des Monte Pelevet vertikal, sondern fällt erst schwach, dann stärker nach NNW. Das Eocän ist leicht kenntlich. Dasselbe Gestein, das sich dem Südhang der ganzen Cometakette entlang zieht und das bei Marineo einen Basaltgang enthält, reicht bis in die Tiefe der Schlucht des Scanzano hinunter. Und dieses Eocän unterteuft hier, wie nach der Karte zu erwarten war, deutlich die Trias. Die Trias ist hier sichtbar auf ca. 1 km Distanz auf Eocän übergeschoben.

In der Cometakette besteht demnach ein Unterbruch westlich Marineo. In diese Lücke hinein schob sich die Triasmasse des Monte Parrino als südlichster Vorposten der Triasberge von Palermo. Das Ende der Jurakette bei Marineo wurde hiebei zerdrückt und von E-W in NE-SW-Streichen gedreht. Wahrscheinlich ist der Unterbruch in der Cometakette überhaupt durch das Eindringen dieses Triaskeiles, d. h. rein tektonisch zu stande gekommen.

Digitized by Google

Die geschilderten Verhältnisse zeigen deutlich, dass auch hier ein bedeutender Horizontalschub in der Triasmasse von Palermo gewirkt haben muss.

11 km südlich von Marineo und der Cometakette erhebt sich der hohe Kamm der Rocca Busambra. Er streicht parallel mit der Cometakette und besitzt gleiche stratigraphische Zusammensetzung. Das tektonische Profil zeigt dagegen nicht ein geschlossenes Gewölbe wie die Cometakette, sondern eine isoklinale nach Norden fallende Schuppe von jurassischen Gesteinen. An ihrem Südfuss sollen nach Di-Stefano (loc. cit. p. 260) nicht eocäne, sondern triasische „Flysch"-gesteine die Schuppe unterteufen. Damit ist natürlich die Möglichkeit der Überlagerung der ganzen Schuppe zusamt diesen triasischen Mergeln auf Eocän nicht ausgeschlossen. Ganz ähnliche Schuppen, die alle mit ihrer Stirn mehr oder weniger gegen Süden gerichtet sind und nordwärts unter das Eocän einfallen, erscheinen südlich Corleone. Wiewohl ich jene Gegend nicht aus eigener Anschauung kenne, sondern lediglich auf die Karte und Baldaccis Text angewiesen bin, muss ich bekennen, dass ich Überschiebungen dieser verschiedenen Schuppen auf das Eocän für sicher ansehe. Das Kartenbild zwingt zu dieser Annahme.

Die Kette der Serra della Cometa ist somit eine aus dem Eocän auftauchende senkrecht stehende Antiklinale; die Rocca Busambra und die Berge südlich von Corleone erscheinen als Schuppen, die von Norden aus dem Eocän auftauchen und gegen Süden auf Eocän überschoben sind. Die Länge dieser Schuppen ist nirgends bedeutend. Die Cometakette besitzt eine Länge von 25 km, die Rocca Busambra eine solche von 13 km. Die Endigung aller dieser Schuppen und Kettenteile liegt im Eocän. Geht ein Taleinschnitt nahe an einer solchen Endigung vorbei, so ist von einer Fortsetzung der mesozoischen Schuppen nach der Tiefe hin nichts zu sehen. Ausser in grössern zusammenhängenden Schuppen treten die mesozoischen Gesteine in dieser Region auch noch als isolierte, völlig unvermittelt aus dem Eocän aufragende Schollen und Blöcke auf. Wäre in der Tiefe ein zusammenhängendes Faltengebirge aus mesozoischen Kalken, und wären die oben genannten Schuppen nur die höchsten Partien dieses im übrigen in Eocän eingewickelten Gebirges, so wäre es unverständlich, warum die zahlreichen, zum Teil sehr tiefen Täler und Schluchten nirgends dieses Basalgebirge angeschnitten haben. Der Lugeonschen Erklärung widerspricht gar nichts. Nach ihm wären diese Schuppen Teile einer zerstückelten Decke, die als Linsen im Eocän schwimmen und mit dem Eocän zusammen weit von Norden her geschoben worden sind.

Digitized by Google

Wie verhält sich dann aber die Cometakette? Sie erscheint wohl als ein gewöhnliches Gewölbe und könnte in dieser Form sehr wohl autochthon sein. Doch das klippenförmige Aufhören des östlichen Teiles der Kette bei Marineo und das Fehlen einer Fortsetzung nach der Tiefe hin spricht doch sehr dafür, dass auch diese Kette nichts anderes ist als eine zu einem Gewölbe gefaltete steil aufgerichtete Schuppe, die im Eocän schwimmt.

Ein genaueres Studium der in den weiten Eocänregionen verteilten Blöcke und Klippen dürfte zeigen, dass gerade diese die besten Beweise für die Richtigkeit der Deckentheorie abgeben.

Betrachten wir nun nochmals die Gebirgsmasse von Palermo. Lugeon und Argand haben sie als Decke bezeichnet und das in der Conca d'oro auftretende Eocän als Fenster in dieser Decke aufgefasst. Die Hauptmasse der Decke besteht, wie gesagt, aus Trias. Jura tritt nur am Fuss der hoch aufstrebenden Triasberge auf. Meist findet er sich in Schollen oder Linsen an der Grenze zwischen dem die Talweitung ausfüllenden Eocän und den Triasgehängen. Lugeon und Argand haben darauf hingewiesen, dass auch zwischen diesen Lias-Jura-Linsen und der Trias Eocän aufzutreten pflegt, das die Trias unterteuft. Di-Stefano wendet sich aber gegen diese Auffassung und betont, dass das Unterteufen der Trias durch Eocän nirgends zu beobachten sei, dass von der Deckennatur weder der Juramassen noch der Trias die Rede sein könne. Er betrachtet, wie Baldacci, Gemmellaro u. a. die Eocänbucht von Palermo als ein Senkungsfeld, das von Verwerfungen umgeben sei. Die Juraschollen wären dann nur halb zur Tiefe gebrochenen Fetzen, gleichsam Pakete zwischen Staffelbrüchen.

Wir sahen, dass südlich der Palermitanerberge offenbar ein in Schuppen aufgelöstes und von jüngern Sedimenten vielfach transgrediertes Deckenland liegt, das sich von den nördlicher gelegenen Bergen faciell scharf trennen lässt. Die Verhältnisse bei Marineo haben gezeigt, dass die Kette der Serra della Cometa nicht von oben über die Triasmasse herabgekommen sein kann, sondern dass sie gegen Norden unter diese hineinsticht. Ein Deckensystem, dessen Wurzeln offenbar im Norden liegt, wird also von einer faciell scharf getrennten Gebirgsmasse überschoben, wenn auch nur auf kleine Distanz nachweisbar. Diese Überlegung lässt uns die Lugeon-Argand'sche Ansicht schon in hohem Masse wahrscheinlich erscheinen. Ganz besonders drängt die Faciesdifferenz zur Annahme, dass die Berge von Palermo einer Decke angehören, die höher liegt als die innersizilianische.

Digitized by Google

Die Einwürfe, die Di-Stefano gemacht hat, erscheinen mir zum Teil als sehr schwerwiegend. Ich suchte mir deshalb von einer der kritischen Lokalitäten an der Umrahmung der Conca d'oro, wo ein Unterteufen des Eocän unter die Trias sicher nicht vorkommen soll, eine eigene Anschauung zu gewinnen.

Wandert man vom Monreale auf der Strasse gegen Pioppo, so gelangt man bald zu einem guten Aufschluss. Man sieht hier graue und bunte Mergel mit zahlreichen dünnen Kalkeinlagen, deren Streichen gegen NE gerichtet ist und die ungefähr vertikal stehen, ja sogar an der Grenze gegen die Trias steil gegen SE, d. h. von der Trias weg fallen. Häufig zeigen sich kleine Fältelungen. Offenbar handelt es sich um Eocän. An dieser Stelle könnte man nur von Anlagerung des Eocäns an die Trias sprechen. Allerdings erscheint es nicht ausgeschlossen, dass das Eocän sich in der Tiefe nicht doch noch nach Norden unter die Trias hinunter wende.

Wandern wir weiter gegen die Ortschaft Pioppo und den Hintergrund des Tales, wo die Strasse den grossen Bogen beschreibt. Hier erblickt man, wenn man von Osten kommt, zunächst an die Triasmasse angelehnte rote und gelbe Mergel mit linsig-flaserigen Kalkbänken. Die Triasmasse zeigt in der Nähe des Kontaktes, ebenso wie auch weiter südlich an ihrer Basis eine als Strassenkies ausbeutbare Dislokationsbreccie. Das Gestein ist innerlich gänzlich zertrümmert und zerfällt unter dem Hammer in kleine eckige Stücke. Die genannten Mergel streichen gegen NE und stehen vertikal. Sie besitzen eine Mächtigkeit von 10 – 15 m und gehören sehr wahrscheinlich zum Eocän, da sie identisch sind mit den geschilderten Gesteinen bei Monreale. An dieses Eocän schliesst sich nun zunächst ebenfalls in vertikaler Stellung kompakter grauer Kalk (Lias der Karte). Ist die Auffassung der Mergel als Eocän richtig, so liegt also hier zwischen einer solchen Liasscholle und der Trias das Eocän. Die gleichen Eocängesteine folgen auch, teilweise ebenfalls vertikal stehend, südlich des Liaskalkes in grosser Menge, als Ausläufer der Eocänmasse der Conca d'oro. Die vertikale Stellung der Schichten hält aber nicht lange an. In und um Pioppo fallen die Liaskalke flach gegen Norden in den Berg hinein. Ich erblicke in dieser flachen Lagerung den normalen Zustand und fasse die steile Stellung der Schichten östlich und westlich von Pioppo nur als eine Aufbiegung auf, die man in ihrem Zusammenhang deutlich beobachten kann. Natürlich folgt dieser Aufbiegung auch das Eocän und dessen Kontaktfläche mit Lias oder Trias. Normalerweise unterteuft es den Lias und die Trias. Ich komme zu dem Schluss, dass die tektonischen Verhältnisse bei Pioppo sehr

Digitized by Google

gut mit der Annahme von Überschiebungen übereinstimmen, ja sogar direkt darauf hindeuten. Das Eocän bildet die Unterlage, darauf folgen Linsen von Liaskalk, höher wahrscheinlich wieder etwas Eocän und darüber die grosse Triasmasse; von verkehrten Mittelschenkeln ist mir nichts bekannt geworden. Im Eocän finden sich weiter südlich noch eine ganze Anzahl von schwimmenden Kalklinsen, die allesamt gegen Norden einfallen. Der Schub kam sicher von Norden her. Die steile Stellung der Schichten bei Pioppo und der vertikal stehende Kontakt zwischen Eocän und Lias oder Eocän und Trias sind die Folge einer Auffaltung der Basis. Bis zu welcher Höhe diese hinauf gereicht hat, vermag ich nicht zu sagen. Ähnlich wie bei Pioppo mögen die Verhältnisse noch an mancher Stelle in der Umgebung von Palermo liegen. Die Liaslinsen können sehr wohl Reste einer zwischen Trias und Eocän eingeklemmten Decke sein, und der Annahme, die ganze Triasmasse sei eine Decke, die Conca d'oro ein Fenster, in welchem das unter allem liegende Eocän zutage tritt, steht gar nichts entgegen.

Wenn ich auch aus dem Gesagten nicht einen vollgültigen Beweis für die Deckentheorie ableiten möchte, der imstande wäre allgemein zwingend zu wirken, so glaube ich doch gezeigt zu haben, dass ein lokal vertikal stehender Kontakt von Eocän und Trias kein Beweis gegen die Deckennatur der Triasmassen abgeben kann. Für mich persönlich bin ich allerdings von der Deckennatur der Palermitanerberge völlig überzeugt.

Ich möchte nun nicht entscheiden, ob die Kalklinsen (Lias?) in der Mergelmasse südlich Pioppo mit den Liaskalklinsen bei Pioppo und Parco zusammenzuhängen und zu einer einheitlichen Decke zu vereinigen seien. Vielleicht sind es nur isolierte Schuppen. Ob das umgebende Gestein stets Eocän sei, oder ob auch, wie Di-Stefano betont, im obersten Teil der Conca d'oro triasische Mergel vorkommen, die mit Eocän verwechselt worden sind, scheint mir nicht von prinzipieller Bedeutung zu sein.

In ganz ähnlicher Situation wie bei Pioppo und Parco befindet sich der Lias auch ausserhalb der Conca d'oro, z. B. bei Toretta, Misilmeri, am Monte Cane etc. Es liegt sehr nahe, alle diese Vorkommnisse mit Lugeon und Argand als eine in Linsen aufgelöste Decke unter der grossen Triasdecke aufzufassen. Mit den innersizilianischen Schuppen und Deckenfragmenten lässt sich diese Decke von Parco-Pioppo nicht verbinden. Die Facies des Jura in den beiden Gebieten sind zu sehr von einander verschieden.

Wir kommen somit zur vorläufigen Annahme von drei Deckenmassen im westlichen Sizilien.

Digitized by Google

1. Die Decke M. Grifone-Pelevet. Vorwiegend Trias. Umfasst die Gebirge um Palermo, Monte Cane, Capo, S. Vito etc.
2. Die Decke von Pioppo-Parco. Vorwiegend Lias (Echinodermenkalke, Kieselschiefer). Malm corallogen. Weit verbreitet am Fuss der Steilränder der ersten Decke, an der Umrahmung von Fenstern. In Linsen aufgelöst.
3. Die innersizilianische Decke. Perm bis Malm und Eocän. Malm mit Argovien- und Acanthicusfaunen, tiefmeerisch. Dogger mit Posidonomya alpina (Klausschichten), Lias ohne Kieselschiefer. In grosse Linsen und Schuppen aufgelöst. Auf Eocän ruhend oder in Eocän schwimmend. Cometakette, Rocco Busambra, M. Bonifato, M. S. Giuliano bei Trapani, Berge von Corleone und Sciacca.

Lugeon und Argand lassen die sizilianischen Decken unter der krystallinen Masse der Peloritani und deren Sedimenten wurzeln. Ohne mir ein definitives Urteil erlauben zu wollen, muss ich gestehen, dass ich nirgends ein Untertauchen der westsizilianischen Schubmassen unter die Kalke und Dolomite der Zone von Taormina-Militello nachweisen oder vermuten könnte. Der Berg von San Fratello bei S. Agata an der Nordküste Siziliens ist, wie Lugeon und Argand schon betonten, offenbar der östlichste Zeuge der westsizilianischen Decken. Mir wollte aber nach dem allgemeinen Aspekt scheinen, dass diese Decken gerade dort über die Peloritani und deren Sedimenthülle von Norden herabgekommen seien und nicht unter diesen wurzeln. Bei Taormina zeigen die Dolomit- und Kalkmassen Spuren intensiver Pressung und Faltung. Sie selbst sind wiederum, zusammen mit den Phylliten, in ausgedehnte Schuppen oder Zweigdecken gespalten. Sie sind nicht von Vertikalbrüchen begrenzt und nicht als Schollen aufzufassen. Wiederholt sind die Phyllite deutlich auf Malm übergeschoben. Alle diese Schuppen aus Phylliten, Trias und Jura schauen gegen Süden, ihre Wurzel liegt im Norden. Ihre Stirn entwickelt sich aber nicht frei nach der Höhe hin, wie etwa die Schuppen in Westsizilien, sondern taucht gegen SW hinab unter das Eocän und Jungtertiär und unter den Ätna. Dieser Aufbau zeigt, dass die Peloritani und ihre Schuppen wohl nicht das Dach grosser Decken bilden, sondern viel eher unter solchen gelegen haben. Es muss etwas Mächtiges darüber hinweggeglitten sein. Und dies waren meiner Meinung nach die sizilianischen Decken. Auch aus der Facies des Mesozoikums kann man auf ähnliche Schlüsse kommen. In den peloritanischen Bergen findet sich Cenoman in afrikanischer Facies, nirgends dagegen im Bereich der sizilianischen Decken. Dies deutet auf eine südlichere Heimat der Peloritani gegen-

Digitized by Google

über den sizilianischen Decken. Der Malm zeigt Ähnlichkeit mit dem der innersizilianischen, d. h. mit dem der untersten und nicht dem der höheren Decken. Die Trias bei Taormina ist weniger mächtig und zeigt nicht die reiche Gliederung der westlichen Facies. Marines Perm fehlt in den Peloritani. Diese Verhältnisse deuten vielleicht darauf hin, dass man in diesem Gebiet dem Rande der Geosynklinale näher liegende Absätze, also primär südlicher gelegene Schichtserien vor Augen hat, während die Sedimente der sizilianischen Decken weiter aus dem Innern der Synklinale, d. h. weiter von Norden her stammen. Ich möchte es somit für wahrscheinlich halten, dass die sizilianischen Decken nördlicher wurzeln als das peloritanische Gebirge.

Abgesehen von den randlichen Überschiebungen von Phylliten auf Eocän und der Schuppenbildung im Innern der Masse, die alle auf einen Schub von NE oder NNE her deuten, sind keine grosse tektonische Phänomene von Bedeutung mehr zu nennen. Die ganzen Peloritani und die Calabrischen Gebirge brauchen keine Decken zu sein.

Über das Alter des Deckenschubes haben sich die genannten Autoren (C. R. 30. Nov. 1906) ausgesprochen. Ich habe diesen scharfsinnigen Überlegungen kein neues Moment hinzuzufügen.

Mancher in diesen Zeilen enthaltene Schluss mag als eine blosse Wiederholung der Lugeon-Argandschen Arbeit erscheinen. Vom Wunsche getrieben, mir persönlich über diese so wichtigen Verhältnisse Klarheit zu verschaffen, bin ich nach reichlichen Zweifeln eben vielfach auf die gleichen Folgerungen, wie die genannten Autoren, gelangt. Folgende Punkte dürften neu sein oder doch in ein neues Licht gerückt worden sein:

1. Im westlichen Sizilien besteht eine Faciesdifferenz im Jura zwischen den nördlichen und südlichen Gebieten. Die verschiedenen Facies sind an verschiedene Decken gebunden.
2. Im westlichen Sizilien, speziell zwischen Palermo und Corleone lassen sich mindestens drei Decken unterscheiden, von denen die oberste mehr oder weniger zusammenhängend ist, die untern aber in Linsen und isolierte Schuppen angelöst erscheinen.
3. Die sizilianischen Decken kommen nicht unter der peloritanischen Masse hervor, sondern sind wahrscheinlich darüber hinweg geglitten und wurzeln weiter im Norden.
4. Die peloritanische Masse zeigt an ihrem Südrand eine Anzahl weit ausholender Schuppen, die mit ihrer Stirn gegen Südwesten in die Tiefe tauchen.

Digitized by Google

Aus der pharmazeutischen Abteilung des Eidgen. Polytechnikums.

# Beiträge zur Kenntnis des Thees.

Von

Paul A. DuPasquier.

## Einleitung.

Unter den menschlichen Genussmitteln stehen diejenigen, welche Koffeïn und das nahe verwandte Theobromin enthalten, mit an der Spitze des Interesses, was ihre Mannigfaltigkeit nach verschiedenen Richtungen hin und die verbrauchten Mengen anbelangt; in letzterer Beziehung werden sie nur vom Tabak und Alkohol übertroffen.

In ersterer sind sie sehr merkwürdig schon deshalb, weil ihre Ursprungsgebiete über die ganze Erde verbreitet sind. Man verwendet den Thee aus Asien, den Kaffee aus Abessynien und West-Afrika, den Kakao aus Mittel- und Süd-Amerika, die Guaraná vom Amazonenstrom, Mate aus den südlichen Republiken Süd-Amerikas und einige verwandte Ilexarten, die um den Mexikanischen Meerbusen wachsen. Zu diesen kommen vielleicht noch einige unsichere: die Neea theifera Örst. aus Brasilien und mehrere Cyclopiaarten aus Süd-Afrika. Auch diese werden in ihrer Heimat als Genussmittel benutzt. Cyclopiathee erscheint sogar in neuester Zeit auch in Europa, aber dass sie Koffeïn enthalten, scheint noch nicht genügend sicher gestellt zu sein. (L. 82.) [1])

Alle diese Pflanzen enthalten, wie gesagt, Koffeïn (= Trimethylxanthin), der Thee auch das nahe verwandte Theophyllin (= Dimethylxanthin), Kakao und Kolanuss das ebenfalls nahe verwandte Theobromin (= Dimethylxanthin).

Ist es schon merkwürdig, dass diese Stoffe in so verschiedenen Pflanzen vorkommen, und diese Pflanzen von den Menschen aufgefunden und in Gebrauch genommen sind, so ist es noch viel merk-

[1]) Die Zahl hinter (L.....) bezieht sich auf die entsprechende Nummer des beigefügten Literatur-Verzeichnisses. Cyclopiathee ist ohne Koffeïn gefunden worden von Dr. Toggenburg im pharm. Lab. des eidg. Polyt. 1907.

Digitized by Google

würdiger, dass es anscheinend dem Menschen gelungen ist, alle diese Pflanzen aufzufinden; denn wir kennen keine Pflanze ausser den genannten, welche diese Stoffe enthält und die nicht als Genussmittel seit uralter Zeit benützt würde; der auffallendste Beweis für die Findigkeit der Menschen für solche ihm angenehm erscheinende Dinge.[1]) Von jeder Pflanze wird auch nur derjenige Teil verwendet, der am alkaloïdreichsten ist, so beim Thee die Blätter und ausnahmsweise die Blütenknospen, beim Kaffee das Endosperm mit dem Embryo und nur ausnahmsweise das Fruchtfleisch und die Blätter, bei der Kolanuss der Embryo oder die einzelnen Kotyledonen, beim Kakao und der Guarana der geschälte Samen, beim Mate und den nordamerikanischen Ilexarten die Blätter, ebenso bei der brasilianischen Neea.

Nicht nur die Form des Gebrauches, sondern auch die vorhergehende Zubereitung ist bei diesen Genussmitteln recht mannigfaltig, und durch sie werden Zersetzungen in den benutzten Pflanzenteilen bedingt, die etwas aufzuklären eines der Ziele meiner Arbeit war.

Am einfachsten wird die Kolanuss von den Negern behandelt.[2]) Sie wird frisch gekaut und die Neger legen grösstes Gewicht darauf, sie möglichst lange in diesem Zustande zu erhalten. Sie wird also möglichst ohne jede Veränderung genossen.

An zweiter Stelle dürfte die Guaraná aus den Samen der Paullinia Cupana Kth. stehen. Die Samen werden getrocknet oder ganz schwach geröstet, mit Wasser zu einem Teige angerieben und so getrocknet. Von Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung wird auch hier nicht viel die Rede sein.

Ähnlich ist es mit dem südamerikanischen Mate und seinen Verwandten aus Nord-Amerika. Die Blätter oder jungen Zweige werden abgepflückt, möglichst rasch getrocknet und sind dann fertig zum Gebrauch.

Dieser ersten Gruppe stehen Kakao und Thee gegenüber. Beide müssen, bevor sie gebrauchsfähig sind, der Thee freilich nur in der am meisten verwendeten Sorte, dem schwarzen Thee, eine Fermentation durchmachen. Durch sie wird der bittere Geschmack herabgemindert, indem ein Teil des ihn bedingenden Gerbstoffes zersetzt wird. Zugleich wird der angenehm aromatische Geschmack des Thees und Kakaos überhaupt erst entwickelt. Diesen aromatischen Stoff

---

[1]) Freilich wird neuerdings angegeben, dass auch die Sterculia platanifolia L., von der nirgends bekannt ist, dass sie als Genussmittel verwendet wird, Koffein enthält. (L. 26, S. 242.)

[2]) Ich erinnere daran, dass sie botanisch den Namen „Nuss" keineswegs verdient, da sie nicht einmal aus dem vollständigen Samen, sondern nur aus dem Embryo besteht.

Digitized by Google

kennen wir aus dem Thee als ein ätherisches Öl. Den durch die Fermentation bedingten Vorteilen steht aber ein Nachteil gegenüber. Die wirksamen Stoffe, Koffeïn usw., befinden sich ursprünglich gebunden, wahrscheinlich in allen Fällen als Tannat in der Pflanze. Bei der Kolanuss und den anderen Genussmitteln der ersten Gruppe werden nun diese Stoffe durch das Ptyalin des Speichels und andere Fermente des Körpers aus ihrer Verbindung gelöst und wirken so in statu nascendi besonders kräftig. Bei den Genussmitteln der zweiten Gruppe findet aber diese Zersetzung vorher zum Teil bei der Fermentation und den ihr vorhergehenden Operationen statt, was als ein Nachteil zu bezeichnen ist. Ich habe, wie gesagt, beim Thee nachher noch speziell darauf einzugehen.

Diesen beiden Gruppen müssen wir den Kaffee als selbständige dritte anreihen. Die Fermentation, der man ihn unterwirft, ist eine unbedeutende und hat hauptsächlich den Zweck, die dem Samen anhaftende Fruchtschale aufzulockern, um sie leichter entfernen zu können. Aber durch das dem Gebrauch vorhergehende Rösten werden so weitgehende Zersetzungen bedingt, dass der zum Gebrauch fertige Kaffee offenbar von allen am weitesten verändert ist.

Wir können also sagen, dass theoretisch am richtigsten das Verfahren der Neger ist, welche ihre Kolanuss roh kauen; aber die Genussmittel in diesem Zustande sagen unserem Geschmack nicht zu und wir sind ja auch sonst bereit, dem Gaumen mancherlei Opfer zu bringen.

Von den sechs Genussmitteln der ganzen Abteilung ist der Gebrauch von Kaffee, Thee und Kakao, wenn auch recht ungleichmässig, so doch über die ganze Erde verbreitet. Sie spielen eine erhebliche Rolle im Welthandel. Von den drei andern findet Mate in Süd-Amerika freilich in sehr ausgedehntem Masse Verwendung. Dieselbe ist aber darüber kaum hinausgegangen trotz aller Bemühungen, die man sich damit z. B. in Paraguay und Brasilien gibt. Ähnlich ist es mit der Kolanuss. Auch hier suchen diejenigen Staaten, in deren Kolonien die Stammpflanzen wachsen oder kultiviert werden, den Genuss in Europa einzuführen. Aber ebenfalls ohne erheblichen Erfolg. Sie bildet bei uns einen Bestandteil einer Reihe von Zubereitungen, die mehr medizinischen Charakter haben. Während diese beiden in Süd-Amerika und Afrika im Gebrauch nicht zurückgehen, sondern sich derselbe dort vielleicht etwas ausbreitet, ist die Guaraná im ständigen Zurückweichen vor dem Kaffee begriffen. Sie findet bei uns unbedeutende Verwendung ausschliesslich als Arzneimittel, weil ihr Koffeïngehalt (bis 6 %) von allen am höchsten ist.

Die um den mexikanischen Golf wachsenden Ilexarten: Ilex Cassine L., Ilex caroliniana (Lam.) Loesner und Ilex vomitoria Ait.



Digitized by Google

werden kaum noch verwendet. Kaffee und Thee haben ihren Gebrauch seit langer Zeit so gut wie vollständig zum Verschwinden gebracht. Während des amerikanischen Bürgerkrieges hatte derselbe infolge erschwerter Zufuhr von Thee und Kaffee zugenommen. Auch in neuerer Zeit hat man dahingehende Anstrengungen gemacht, anscheinend ohne Erfolg.

Neea und Cyclopia sind hier als zu unbedeutend und zu unsicher ausser Betracht geblieben.

Von den drei uns besonders interessierenden Kaffee, Thee und Kakao steht der erstere mit 900 Millionen kg, die er in den Welthandel liefert, voran. Dann folgt der Thee mit 273 Millionen und endlich der Kakao mit 127 Millionen kg. (L. 25.)

Die Kultur aller drei ist über ihre Heimat weit hinausgewachsen, speziell spielt beim Kaffee die heimische Produktion gar keine Rolle mehr. Auch die Kultur des Kakao ist sehr weit ausgebreitet auf der Erde und wird an den verschiedensten Stellen versucht; aber die alte Heimat ist hier immer noch von grosser Bedeutung. Auffallend ist es, dass die Kultur des Thees die am wenigsten expansive gewesen ist. Zu den alten Theeländern China und Japan sind seit einigen Jahrzehnten Vorder-Indien, Ceylon und Java getreten und in neuerer Zeit der Kaukasus. Das erscheint auffallend, weil der Theestrauch in seinen Ansprüchen zweifellos viel bescheidener ist wie Kakao und Kaffee, ist aber vielleicht dadurch zu erklären, dass die alten Theeländer China und Japan uns so lange verschlossen blieben, und besonders die Chinesen es verstanden, bei den Europäern übertriebene Vorstellungen von den Schwierigkeiten der Kultur zu verbreiten.

Ich habe diese Frage der Kulturausdehnung nachher, sogar mit Berücksichtigung schweizerischer Verhältnisse, noch zu behandeln.

Zur Illustration der vorgeführten Angaben mögen einige statistische Zahlen folgen. (L. 101, S. 115.) (Tabelle I.)

Aus der Tabelle I ergibt sich, dass England mit fast 3000 gr pro Kopf jährlich weit vorn an der Spitze steht, was Theekonsum anbelangt. Auf dem europäischen Kontinente folgen dann Holland mit 600 und Russland mit 400 gr; weit weniger konsumiert dann die Schweiz mit 100, Deutschland mit 50 und Frankreich mit 20 gr pro Kopf der Bevölkerung. Diese auffallenden Differenzen werden zum Teil ausgeglichen dadurch, dass in den Ländern mit geringerem Theekonsum der Kaffee an die Stelle des Thees tritt mit Ausnahme von Russland, welches trotz des neunmal niedrigeren Verbrauches wie in England doch als „Theeland" zu bezeichnen ist. Kaffee tritt gegen den Thee hier ganz zurück, es ist aber ein grosser Teil der

Digitized by Google

Tab. I. **Theegesamtkonsum einzelner Länder.**

| Länder | Jahr | Meter-zentner | Preis per Meterzentr. in Franken | Konsum pro Kopf in Gramm | Konsum-wert p. Kopf in Franken |
|---|---|---|---|---|---|
| England | 1884 | 793 600 | 265 | 2 221 | 5,92 |
| | 1889 | 847 290 | 245 | 2 260 | 5,55 |
| | 1894 | 970 900 | 220 | 2 504 | 5,45 |
| | 1899 | 1 098 800 | 200 | 2 709 | 5,95 |
| Vereinigte Staaten | 1884 | 272 000 | 232 | 495 | 1,05 |
| | 1889 | 359 000 | 180 | 585 | 1,08 |
| | 1894 | 416 000 | 175 | 609 | 1,07 |
| | 1899 | 330 000 | 154 | 403 | 0,65 |
| Russland | 1884 | 337 000 | 590 | 312 | 1,85 |
| | 1889 | 312 000 | 260 | 275 | 0,72 |
| | 1894 | 401 000 | 246 | 328 | 0,80 |
| | 1899 | 488 000 | 245 | 372 | 0,90 |
| Holland | 1884 | 17 000 | 526 | 441 | 2,20 |
| | 1889 | 24 000 | 505 | 525 | 2,75 |
| | 1894 | 30 000 | 535 | 627 | 3,30 |
| | 1899 | 32 000 | 526 | 635 | 3,35 |
| Frankreich | 1884 | 5 300 | 316 | 14 | 0,04 |
| | 1889 | 5 400 | 380 | 14 | 0.05 |
| | 1894 | 7 000 | 306 | 18 | 0,05 |
| | 1899 | 8 800 | 395 | 22 | 0,09 |
| Deutschland | 1884 | 16 000 | 265 | 34 | 0,10 |
| | 1889 | 19 000 | 235 | 38 | 0,10 |
| | 1894 | 28 000 | 235 | 55 | 0,10 |
| | 1899 | 27 000 | 205 | 50 | 0,10 |
| | 1904 | 31 000 | 200 | 50 | 0,10 |
| Schweiz | 1884 | 1 900 | 500 | 68 | 0.39 |
| | 1889 | 1 500 | 550 | 56 | 0.21 |
| | 1894 | 2 400 | 460 | 79 | 0,40 |
| | 1899 | 3 100 | 400 | 97 | 0.39 |
| | 1904 | 3 800 | 400 | 111 | 0,44 |

Bevölkerung durch seine Armut im Gebrauche dieser Getränke, die doch mehr oder weniger Luxusgetränke sind, beschränkt. Trotz des viel grössern Verbrauches in Holland müssen wir dieses als „Kaffeeland" bezeichnen, da zu den 5—600 gr Thee pro Kopf noch 5000 gr Kaffee hinzukommen.

Digitized by Google

Den Verbrauch von Kaffee und Thee zusammen zeigt folgende Tabelle II, die Durchschnittswerte der letzten Jahre enthält. Da aber Kaffee und Thee in ihrem Koffeïngehalt und dadurch in ihrem Wert als Genussmittel ausserordentlich von einander abweichen, insofern der Thee ungefähr dreimal soviel davon enthält als der Kaffee, so ist in die letzte Kolonne der Tabelle II die Menge des Thees mit 3 multipliziert eingerückt, und ihre Zahlen geben nun die wahre Menge an den verbrauchten Genussmitteln mit Rücksicht auf den Koffeïngehalt.

Tab. II. **Verbrauch pro Kopf und Jahr in Kilogramm.**

| | Kaffee | Thee | Zusammen | Thee dreifach gerechnet |
|---|---|---|---|---|
| England . . . . . | 0,45 | 2,40 | 2,85 | 7,65 |
| Vereinigte Staaten . . | 3,75 | 1,00 | 4,75 | 6,75 |
| Russland . . . . . | 0,10 | 0,50 | 0,60 | 1,60 |
| Holland . . . . . | 5,00 | 0,50 | 5,50 | 6,50 |
| Frankreich . . . . . | 1,38 | 0,92 | 2,30 | 4,14 |
| Deutschland . . . . . | 3,12 | 0,06 | 3,18 | 3,30 |
| Schweiz . . . . . | 2,98 | 0,10 | 3,08 | 3,28 |

Kakao musste überall ausser Ansatz bleiben, weil genügende Zahlen nicht zu erhalten waren. Es ist ja auch bekannt, dass sich sein Genuss erst in neuester Zeit ausdehnt. Bis dahin war nur Spanien als „Kakaoland" zu bezeichnen. Es ist übrigens darauf aufmerksam zu machen, dass der Kakao wegen seines hohen Gehaltes an Fett, Eiweiss und Stärke mindestens ebenso sehr als Nahrungsmittel wie als Genussmittel anzusehen ist.

Es mögen nun noch für die Schweiz die statistischen Angaben über Verbrauch von Kaffee, Kakao und Thee für die Periode 1851 bis 1905 folgen. Tabelle III. (Siehe auch graphische Darstellungen am Schlusse der Abhandlung). (L. 110, 111, 112).

Die Zahlen über Konsum von Kakao in der Schweiz sind nicht ganz einwandfrei. Die stark aufblühende Schokolade-Industrie der Schweiz sendet Jahr für Jahr grössere Quantitäten von Schokolade nach dem Auslande. Nun ist der Kakaogehalt derselben etwas schwankend. Es ist aber anzunehmen, dass nur gute Schokolade von ungefähr 50 % Kakaogehalt nach dem Auslande gelangt, da sie die Konkurrenz mit den auswärtigen Produkten zu überwinden hat. Bei der Berechnung der Kakaoquantitäten, die als Schokolade das Land verliessen, wurde deshalb dieser Prozentsatz als der durchschnittlich normale betrachtet.

Digitized by Google

Tab. III. **Gesamtkonsum der Schweiz an Kaffee, Kakao und Thee 1850—1905 in 1000 Zentner.**

| Jahr | Kaffee | Kakao | Thee | Jahr | Kaffee | Kakao | Thee |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1851 | 76 | 2,3 | 0,2 | 1881 | 97 | 6,3 | 1,3 |
| 1852 | 72 | 2,0 | 0,3 | 1882 | 95 | 6,8 | 1,4 |
| 1853 | 68 | 3,0 | 0,4 | 1883 | 95 | 6,9 | 1,3 |
| 1854 | 61 | 2,0 | 0,3 | 1884 | 91 | 5,4 | 1,9 |
| 1855 | 82 | 2,1 | 0,5 | 1885 | 89 | 9,7 | 1,1 |
| 1856 | 72 | 3,1 | 0,5 | 1886 | 97 | 6,4 | 1,4 |
| 1857 | 66 | 1,5 | 0,5 | 1887 | 78 | 7,6 | 1,5 |
| 1858 | 75 | 2,3 | 0,4 | 1888 | 76 | 11,0 | 1,5 |
| 1859 | 70 | 2,5 | 0,5 | 1889 | 68 | 12,5 | 1,4 |
| 1860 | 65 | 2,1 | 0,5 | 1890 | 83 | 9,9 | 1,9 |
| 1861 | 78 | 2,7 | 0,5 | 1891 | 90 | 11,8 | 1,9 |
| 1862 | 72 | 2,2 | 0,5 | 1892 | 83 | 9,3 | 1,9 |
| 1863 | 73 | 2,2 | 0,6 | 1893 | 78 | 13,9 | 2,1 |
| 1864 | 71 | 2,6 | 0,6 | 1894 | 82 | 16,6 | 2,4 |
| 1865 | 76 | 2,8 | 0,7 | 1895 | 94 | 16,6 | 2,5 |
| 1866 | 73 | 3,2 | 0,7 | 1896 | 95 | 21,1 | 2,6 |
| 1867 | 81 | 4,0 | 0,7 | 1897 | 101 | 14,0 | 2,8 |
| 1868 | 86 | 4,0 | 0,7 | 1898 | 112 | 22,8 | 3,0 |
| 1869 | 79 | 3,1 | 0,7 | 1899 | 101 | 20,8 | 3,1 |
| 1870 | 65 | 4,3 | 0,7 | 1900 | 91 | 15,5 | 3,4 |
| 1871 | 86 | 6,8 | 0,9 | 1901 | 91 | 23,4 | 3,2 |
| 1872 | 75 | 5,5 | 0,9 | 1902 | 98 | 31,9 | 3,3 |
| 1873 | 83 | 4,7 | 0,9 | 1903 | 103 | 27,0 | 3,5 |
| 1874 | 64 | 4,6 | 1,0 | 1904 | 96 | 32,2 | 3,8 |
| 1875 | 93 | 5,1 | 1,0 | 1905 | | 32,4 | 3,4 |
| 1876 | 91 | 6,4 | 1,2 | | | | |
| 1877 | 77 | 5,1 | 1,1 | | | | |
| 1878 | 83 | 4,2 | 1,1 | | | | |
| 1879 | 96 | 4,1 | 1,2 | | | | |
| 1880 | 84 | 5,8 | 1,1 | | | | |

Den Kenner der schweizerischen und deutschen Verhältnisse mag es befremden, dass der Verbrauch an Kaffee pro Kopf der Bevölkerung in der Schweiz ein grösserer sein soll, als wie in Deutschland. Trinkt doch ein Grossteil unserer Bevölkerung nur wenig Kaffee und dann noch solchen, der meist viel Zichorie enthält.

Es muss unbedingt zugegeben werden, dass die 3—400 000 Fremden, die jährlich durch Naturschönheiten unseres Landes angelockt, bald eine längere, bald eine kürzere Zeit in der Schweiz zubringen,

Digitized by Google

diese Konsumzahlen sehr stark beeinflussen. Des weiteren ist es wohl möglich, dass bedeutende Quantitäten von Kaffee, Thee oder Schokolade auf illegitime Weise das Land verlassen, also nicht als Export in den statistischen Tabellen erscheinen. Die Grenzwächter mögen ein noch so scharfes Auge haben, so lange pekuniäre Vorteile vorhanden sind, wird es auch nicht an Leuten fehlen, die mit Einsatz ihres Lebens dieselben auszunützen bestrebt sein werden.

Ich lasse sofort eine Tabelle IV und einige Kurven folgen, welche den Verbrauch von Kaffee, Kakao und Thee in Deutschland und der Schweiz von 1850—1905 zeigen (L. 113).

Tab. IV. **Verbrauch pro Kopf der Bevölkerung an Kaffee, Kakao und Thee 1850—1905 in Gramm.**

| Mittel der Jahre | Deutschland Kaffee | Schweiz Kaffee | Deutschland Kakao | Schweiz Kakao | Deutschland Thee | Schweiz Thee |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | gr | gr | gr | gr | gr | gr |
| 1851—1855 | 1570 | 3030 | 20 | 92 | 20 | 20 |
| 1856— 61 | 1790 | 2920 | 20 | 95 | 20 | 21 |
| 1861— 66 | 1870 | 2820 | 30 | 100 | 20 | 24 |
| 1866— 71 | 2200 | 2950 | 30 | 142 | 20 | 27 |
| 1871— 76 | 2270 | 3080 | 50 | 204 | 20 | 35 |
| 1876— 81 | 2330 | 3200 | 50 | 188 | 30 | 41 |
| 1881— 86 | 2440 | 3330 | 60 | 250 | 30 | 50 |
| 1886— 91 | 2380 | 2750 | 100 | 262 | 40 | 55 |
| 1891— 96 | 2410 | 2840 | 160 | 430 | 50 | 70 |
| 1896—1901 | 2690 | 3100 | 280 | 640 | 50 | 94 |
| 1901 | 3010 | 2766 | 300 | 700 | 50 | 97 |
| 1902 | 2950 | 2900 | 340 | 938 | 50 | 97 |
| 1903 | 3080 | 3032 | 350 | 800 | 50 | 103 |
| 1904 | 3000 | 2821 | 440 | 947 | 50 | 112 |
| 1905 | 2960 | 2540 | 470 | 930 | 60 | 100 |

Die Betrachtung dieser Tabellen zeigt, dass in Deutschland das Wachstum des Konsums an Kaffee eine ziemlich gleichmässige ist und der Zunahme des Wohlstandes entspricht. Die Zunahme in dem genannten Zeitraum beträgt also für Kaffee das Doppelte. Der Theeverbrauch bleibt ein viel geringerer, steigt aber in dem genannten Zeitraum um das $2^1/_2$ fache. Viel stärker ist die Zunahme an Kakao, sie steigt von 20 auf 470 gr, ist 1851/55 so stark wie die von Thee (20 gr) und steigt bis 1905 auf 470 gr, also um das 23-fache, und übertrifft nun den Theeverbrauch um fast das 10-fache. Die stärkste Zunahme liegt in den Jahren 1891—1901, da steigt der Verbrauch von 100—300 gr.

Digitized by Google

In der Schweiz bleibt der Kaffeekonsum konstant, ja sinkt sogar etwas, so dass er am Schlusse von dem deutschen Konsum überholt wird; aber bis auf die letzten Jahre war er viel höher als der deutsche und erreichte sein Maximum in den Jahren 1881—86.

Die Vorliebe, die sich seit einer Reihe von Jahren für den gesteigerten Verbrauch von Thee und Kakao kund gibt, ist freudig zu begrüssen, da Thee und Kakao gewiss weniger schädlich sind wie Kaffee. In der Schweiz kommt diese Tendenz sehr deutlich zum Ausdruck: Der Verbrauch von Kaffee ist gesunken, der von Thee und Kakao hat stark zugenommen. Die ausserordentlich starke Zunahme des Kakaos ist auf Rechnung der Schokoladenfabrikation zu schieben, indem Schokolade und Kakao als Nahrungsmittel eine sehr weitgehende Verwertung gefunden haben.

Die Verbrauchszunahme dieser Genussmittel überhaupt ist ein Zeichen von steigender Wohlhabenheit. Klassen der Bevölkerung, die früher vollständig auf solche Genussmittel verzichteten, oder wie beim Kaffee sich mit Surrogaten behalfen, trinken jetzt die Sache selbst. Auch vom Thee werden gegenwärtig noch Surrogate gebraucht in der Schweiz, z. B. Blätter von Fragaria, Alchemilla etc.; dass das früher in viel grösserem Masse der Fall gewesen ist, entnehmen wir einer Arbeit von Faber von 1715 (L. 28.) über den „Schweizerthee", wo folgende Arten aufgeführt werden, die zur Theebereitung Verwendung fanden:

**Blätter** von *Betonica* (= Betonica officinalis L.); *Veronica* (= Veronica officinalis L.); *Sanicula* (= Sanicula europaea L.); *Alchemilla* (= Alchemilla vulgaris L.); *Pirola* (= Pirola minor L. oder Pirola secunda L.); *Chamædrys* (Veronica Chamædrys L.); *Salvia* (= Salvia officinalis L.); *Melissa* (= Melissa officinalis L.); *Virga aurea* (= Solidago Virgaurea Spreng.); *Urtica urens* (= Urtica urens L.); *Trifolium fibrinum* (= Menyanthes trifoliata L.); *Hedera terrestris* (= Glechoma hederacea L.); *Agrimonia* (= Agrimonia Eupatoria Lam.); *Ruta muraria* (= Asplenum Ruta muraria L.); *Scolopendrium* (= Scolopendrium vulgare Sm.); *Hepatica nobilis* (= Hepatica triloba Choix.); *Succisa* (= Succisa pratensis Mönch); *Ulmaria* (= Ulmaria trifoliata Hill); *Bellis minor* (= Bellis perennis L.); *Origanum* (= Origanum vulgare L.); *Nummularia* (= Lysimachia Nummularia L.); *Pinguicula Gesner* (= Pinguicula vulgaris L.); *Pimpinella sanguisorba* (= Poterium sanguisorba L.); *Artemisia* (= Artemisia vulgaris L.); *Millefolium* (= Achillea millefolium L.); *Pilosella* (= Hieracium Pilosella L.); *Anserina* (= Potentilla Anserina L.); *Scabiosa* (= Knautia arvensis (L.) Coult.; *Vinca pervinca* (= Vinca minor L. oder Vinca major L.)

**Blüten** von *Betonica* (= Betonica officinalis L.); *Salvia* (= Salvia officinalis L.); *Tussilago* (= Tussilago farfara L.); *Tunica* (= Tunica prolifera Scop.); *Primula veris* (= Primula officinalis L.); *Tilia* (= Tilia europæa L.); *Bellis minor* (= Bellis perennis L.); *Calendula* (= Calendula officinalis. Hohen.); *Paeonia* (= Paeonia officinalis L.); *Aquilegia* (= Aquilegia vulgaris L.); *Cheiri* (= Cheiranthus cheiri L.); *Nummularia* (= Lysimachia Nummularia L.); *Borrago*

Digitized by Google

(= Borrago officinalis L.); *Rosa rubra* (= Rosa gallica L.); *Crocus* (= Crocus sativus L. oder Crocus vernus Curt.)

**Früchte** und **Samen**: *Cynosbati* (= Rosa canina L.); *Anisum* (= Pimpinella anisum L.); *Foeniculum* (= Foeniculum officinale L.); *Linum* (= Linum usitatissimum L.); *Hypericum* (= Hypericum perfoliatum L.); *Papaver erraticum* (= Papaver Rhoeas L.)

**Wurzeln** und **Rhizome**: *Caryopyllata* (= Geum rivale L.); *Calamus aromaticus* (= Acorus calamus L.); *Tormentilla* (= Tormentilla erecta L.); *Tussilago* (= Tussilago Farfara L.); *Iris Florentina* (= Iris florentina L.);

Diesen genannten Arten trat der chinesische Thee zunächst als ein Surrogat gegenüber, bis sein Gebrauch so stark zunahm, dass er die einheimischen Thees vollständig verdrängte. Heutzutage können also umgekehrt jene Arten nur noch als Surrogate des chinesischen Thees bezeichnet werden.

## I. Kapitel.

## Über den Nachweis und das Vorkommen des Koffeïns in der Theepflanze.

Die physiologische Rolle des Koffeïns in der Theepflanze, so interessant auch ihr Studium sein dürfte, ist bis jetzt nur wenig bekannt. Nicht einmal die örtliche Verteilung des Alkaloïdes in der Pflanze ist festgelegt. Das meiste Koffeïn befindet sich in jungen Blättern und am meisten in der unentwickelten Knospe und mit zunehmendem Alter des Blattes nimmt der Koffeïngehalt, wenigstens relativ genommen, ab.

Wo das Alkaloïd im Blatte lokalisiert sei, war zur Zeit noch nicht endgültig erledigt. An Bemühungen hiezu wird es wohl kaum gefehlt haben. Noch 1891 sagt Molisch (L. 70), dass das Koffeïn bisher in der Zelle nicht nachgewiesen werden konnte. Er wiederholt hiemit nur in einer etwas vorsichtigeren Ausdrucksweise, was A. W. Schimper (L. 97) ein paar Jahre vorher behauptete: „Der mikroskopische Nachweis des Koffeïns in der Zelle ist unmöglich."

Und dennoch wäre es sehr wünschenswert, die Gewebe, in denen sich Koffeïn befindet, genauer kennen zu lernen; denn eine Reihe weiterer Fragen schliesst sich direkt daran an: Die Beantwortung der Frage über die Entstehung des Alkaloïdes und über die Rolle, die es im Leben der Pflanze zu spielen hat, würde dadurch wieder einen bedeutenden Schritt vorwärts gerückt. So ist es auch kein Wunder, wenn trotz der Misserfolge der eben erwähnten Forscher immer wieder neue Versuche gemacht worden sind, das Koffeïn an Ort und Stelle nachzuweisen.

Auch Clautriau (L. 19, Seite 35) hat während seines Aufenthaltes in Buitenzorg (Java 1896/97) vergebliche Anstrengungen gemacht, dieses Ziel zu erreichen, er hat sich deshalb bei seinen physiologischen Versuchen mit der gewöhnlichen chemischen Totalanalyse begnügt, womit er aber keineswegs ge-

Digitized by Google

sagt haben will, dass der Nachweis der Lokalisation an und für sich unmöglich sei, nur erheische er noch langwierige Untersuchungen. Sehr schön lässt er die Schwierigkeiten hervortreten, bei Gegenwart aller anderen Substanzen das Koffeïn noch nachzuweisen, indem er angibt, dass es unmöglich ist, die Murexidreaktion zu erhalten mit dünnen Schnitten von Kaffeebohnen, selbst wenn man dieselben mit einem Koffeïnkryställchen versetzt.

Dass die Schwierigkeiten, das Koffeïn an Ort und Stelle nachzuweisen, nicht ganz geringe sein werden, leuchtet nach dem Studium der chemischen Eigenschaften desselben bald ein. Versuche, das Alkaloïd als schwerlösliches Salz wie die Alkaloïde von Peganum Harmala L. (L. 7.) abzuscheiden, können keinen Erfolg haben, da die Salze fast alle leicht löslich sind. Die Reaktion, das Alkaloïd in kleinsten Mengen mit grosser Schärfe nachzuweisen, ist die, es mit einem Oxydationsmittel (rauchende Salpetersäure) auf dem Wasserbade einzudampfen und dann Ammoniakdämpfe einwirken zu lassen, worauf eine schön rote Farbe entsteht (Murexidreaktion). Diese Reaktion war für meine Zwecke nicht verwertbar, da Schnitte durch die anhaltende Einwirkung der Salpetersäure in der Wärme selbstverständlich weitgehend zerstört werden.

Bei anderen koffeïnhaltigen Drogen, z. B. Kolanuss, bekommt man wohl eine schwache Rotfärbung, aber Sicheres lässt sich auch hier nicht erkennen. Der einzige Weg, auf dem mir der mikrochemische Nachweis möglich erschien, war der, das Koffeïn in Form unlöslicher oder schwerlöslicher Doppelsalze abzuscheiden. Ich werde darüber nachher berichten, will aber vorher einige neuere Versuche, die von anderer Seite angestellt wurden, auf anderem Wege zum Ziele zu gelangen, besprechen.

U. Suzuki (L. 114.) geht davon aus, dass Koffeïn mit Tannin einen schwerlöslichen Niederschlag gibt. Er legt Querschnitte durch das Blatt in eine ½ %ige Koffeïnlösung und findet, dass im Palisaden- und Schwammparenchym eine deutliche Koagulation eintritt. Damit glaubt er den Gerbstoff des Blattes nachgewiesen zu haben und zugleich, dass in den beiden genannten Geweben kein Koffeïn vorhanden ist; denn, wenn das der Fall wäre, so müssten von vornherein in diesen Geweben Koagulationen von Koffeïntannat zu sehen sein.

Weiter legt er Blattschnitte 2 Tage lang in eine 3½ %ige Tanninlösung. Jetzt entsteht in den Epidermiszellen ein aus kleinen Kügelchen bestehender Niederschlag, während die anderen Gewebe nur geringe Trübung zeigen. Suzuki zieht daraus den Schluss, dass alles Koffeïn in den Epidermen enthalten sei; es könne sich hier nicht handeln um Eiweissfällungen, denn die Kügelchen (Proteosomen nennt er sie) sind schon in verdünntem Ammoniak löslich.

Ich habe die Versuche an frischem und trockenem Materiale wiederholt und die Beobachtung von Suzuki bestätigt gefunden, habe aber gewichtige Einwände gegen die Methode zu erheben.

Digitized by Google

Zunächst ist die Reaktion so schwach, dass der Niederschlag in andern, weniger übersichtlichen Geweben wie der Epidermis leicht der Beobachtung entgehen kann. Es lassen sich aber auch andere Einwände dagegen erheben.

Vor allen Dingen ist es nicht richtig, dass, wie Suzuki annehmen muss, Koffeïn und Gerbstoff nebeneinander in der Pflanze existieren. Wie ich an anderer Stelle zeigen werde, und wie auch von anderen koffeïnhaltigen Genussmitteln ganz allgemein bekannt ist, ist in der frischen Pflanze das Koffeïn mindestens zum grössten Teil an Tannin gebunden und nicht frei. Dass wir trotzdem in den Geweben, in denen sich, wie ich nachher zeigen werde, das Koffeïn befindet, bei der Untersuchung keine Koagulation sehen, hat seinen Grund darin, dass die Koffeïngerbstoffverbindung des Theeblattes nicht so unlöslich ist, wie Suzuki annimmt. Seine Beobachtungen, die er mit dem Tannin oder der Digallussäure gemacht hat, auf den Gerbstoff des Theeblattes übertragen zu wollen, ist unstatthaft. Man hätte mindestens erwarten sollen, dass er seine Untersuchungen mit dem Gerbstoff des Thees, der ja leicht darzustellen ist, gemacht hätte. Es ist aber auch bekannt, dass die Entstehung von Alkaloïdniederschlägen mit Digallussäure von der Konzentration der Lösung abhängig ist.

Behrens (L. 8.) hat gezeigt, dass man Koffeïn und Theobromin auf dem Wege der Mikrosublimation in kleinsten Mengen nachweisen kann. Dieselbe Methode hat Nestler (L. 75—78) angewendet, um das Koffeïn im Thee nachzuweisen und durch die Menge des Sublimates zu erkennen, ob vollwertiger, oder bereits extrahierter Thee vorliegt. Diese Methode hat er nun auch benutzt, die Lokalisation des Koffeïn aufzufinden, indem er die einzelnen Gewebe, (Epidermen und Mesophyll) mechanisch von einander trennte und dann der Sublimation unterwarf. Es stellte sich heraus, dass im Gegensatze zu Suzuki das Koffeïn nicht in den Epidermen, sondern im Mesophyll enthalten war.

Ich will offen gestehen, dass mir eine glatte Trennung von Epidermis und Mesophyll durch Tangentialschnitte nicht gelungen ist. Ich habe mich daher mit der Methode nicht weiter beschäftigt, schon aus dem Grunde, weil die Nestlersche Methode nicht zu dem Ziele führte, welches ich erstrebte, nämlich das Koffeïn in der Zelle sichtbar zu machen.

Von diesem Gesichtspunkte aus leistet seine Methode nicht mehr, als die von Molisch und Tschirch und Oesterle (L. 70), welche den Schnitt in Salzsäure legen, dann in Goldchlorid bringen und nun im Beobachtungstropfen (also auch nicht in der Zelle) das Auftreten der charakteristischen Krystalle des Goldchloriddoppelsalzes des Koffeïns beobachten.

Ausserdem gibt Molisch noch eine weitere Methode an. (L. 70, Seite 15). Nach derselben werden die Schnitte auf dem Objektträger in einem Tropfen destillierten Wassers bis zum Aufwallen erwärmt, dann bei gewöhnlicher Temperatur eintrocknen gelassen und der Rückstand mit einem Tröpfchen Benzol aufgenommen. Beim Verdampfen desselben fällt wieder am Rande des Tropfens das Koffeïn in Form von zahllosen farblosen Nadeln aus. Prinzipiell ist diese Methode den zuletzt besprochenen gleich.

Nun habe ich zu meinen eigenen Versuchen überzugehen: Auf Grund der chemischen Literatur waren folgende Reaktionen des Koffeïns genauer zu prüfen:

1. Überführung in die Quecksilberchlorid-Doppelverbindung: $C_8 H_{10} N_4 O_2$, $Hg Cl_2$. Die weissen, feinen, langen Nadeln entstehen

Digitized by Google

bei Gegenwart eines Überschusses von $HgCl_2$. Das Doppelsalz löst sich bei 17° in 263 Teilen Wasser (L. 24).

2. Überführung in die Quecksilbercyan-Doppelverbindung: $C_8H_{10}N_4O_2$, $Hg(CN)_2$. Diese, wie oben entstehenden, farblosen Nadeln sind schwer löslich in Wasser und Alkohol. (L. 58.)

3. Überführung in die Koffeïnsilbernitrat-Verbindung: $C_8H_{10}N_4O_2$, $AgNO_3$. Die weissen, krystallinischen, halbkugeligen Sphärite, die ausfallen, wenn ein Überschuss von $AgNO_3$ zu einer wässerigen Lösung von Koffeïn gesetzt wird, sind schwer löslich in kaltem Wasser (L. 9).

4. Überführung in salzsaures Koffeïngoldchlorid: $C_8H_{10}N_4O_2$, $HCl$, $AuCl_3$; ziemlich schwer löslich in Wasser (L. 9).

5. Überführung in die jodwasserstoffsaure Jodverbindung des Koffeïns: $C_8H_{10}N_4O_2$, $HJ,J_4$. Violettblauer Niederschlag, erhalten durch Fällen von Koffeïn mit JJK-Lösung, bei Gegenwart von etwas verdünnter Schwefelsäure (L. 9).

6. Ammoniummolybdat in salzsaurer Lösung gibt mit Koffeïn einen amorphen weissen Niederschlag, der beim Trocknen durch Reduktion der Molybdänsäure blau wird (L. 33).

7. Ammoniumvanadat gibt mit Koffeïn in salzsaurer Lösung eine kaum sichtbare Trübung, die beim Verdunsten einen schönen roten Rückstand hinterlässt (L. 35).

Bei den Reaktionen 1—5 handelt es sich um die Bildung einer schwerlöslichen Doppelverbindung; sie bilden die erste Gruppe.

Die Reaktionen 1 und 2, also die Bildung von Hg-Doppelsalzen geben keine brauchbaren Resultate, so schön sie auch bei Verwendung von reiner Koffeïnlösung verlaufen. Die farblosen Niederschläge sind in den mit Chlorophyll gefüllten Zellen des Mesophylls nicht zu erkennen. Nach dem Vorschlage von Barth (L. 7, S. 15) habe ich solche Schnitte mit $SH_2$ behandelt, um das ausgefällte Hg als HgS deutlich zu machen, aber eigentlich nur bei einem Präparate brauchbare Resultate erhalten. Wahrscheinlich wird die nur schwerlösliche, aber nicht unlösliche Doppelverbindung beim Auswaschen des überschüssigen $HgCl_2$, respektive $Hg(CN)_2$, mitgelöst.

Die dritte Methode, Ausfällen des Koffeïns mit $AgNO_3$, gibt bessere Resultate, wenn man, wie bei den vorigen Proben, die überschüssige Silberlösung auswäscht und dann mit $SH_2$ behandelt. Man erhält so eine deutliche Abscheidung von $SAg_2$. Trotzdem habe ich diese Reaktion wieder verlassen, da man wegen der Lichtempfindlichkeit derselben und dadurch unter Umständen eintretende Schwärzung Täuschungen ausgesetzt ist.

Digitized by Google

Die vierte Reaktion dieser Gruppe ist die mit Goldchlorid und Salzsäure. Da sie mich zum Ziele geführt hat, bespreche ich sie nachher.

Das Ausfällen des Koffeïns mit JJK-Lösung in schwefelsaurer Lösung gibt einen deutlichen Niederschlag, wenn die Reaktion gelingt. Sie verdient sogar einen Vorzug vor den anderen, da sie mit Theegerbstoff nicht eintritt. Trotzdem habe ich sie wieder verlassen, weil es mir nicht gelungen ist, die Bedingungen für ihr Eintreten so zu beherrschen, dass sie unter allen Umständen gelang.

Die beiden Reaktionen mit Ammoniummolybdat und Ammoniumvanadat sind Reduktionsreaktionen, die zum Schluss einen schön gefärbten Niederschlag geben, der bei der ersten blau, bei der zweiten rot ist.

Eine gesättigte Lösung von Ammoniummolybdat und Chlorammonium gibt mit Koffeïn einen amorphen weissen Niederschlag, der beim Austrocknen des Präparates durch Reduktion der Molybdänsäure blau wird. Die Reaktion ist ziemlich empfindlich, eine Koffeïnlösung von 0,1 % gibt sie noch deutlich. Die Reaktion verläuft am besten, wenn man den Schnitt in der entsprechenden Lösung einmal aufkochen lässt, dann herausnimmt, kurz abwäscht und in konzentriertem Glycerin untersucht. Hauptsächlich in den Palisadenzellen sieht man dann deutliche Blaufärbung auftreten. Ich kann die Reaktion nicht empfehlen, denn es ist sehr schwierig, den richtigen Moment zur Entfernung vom Feuer zu treffen; nimmt man zu früh weg, so ist die Reaktion noch nicht eingetreten, wartet man zu lange, so überzieht sich der Schnitt mit einer Kruste, die nicht mehr zu entfernen ist. Man kann freilich das Aufkochen umgehen, indem man den Schnitt 3—4 Tage lang bei gewöhnlicher Temperatur im Reagens liegen lässt; aber in dieser Zeit diffundiert das Koffeïn aus den Zellen heraus, und man sieht die Blaufärbung auch in Schnitten anderer Pflanzen eintreten, wo überhaupt kein Koffeïn zugegen ist. Trotzdem ist darauf aufmerksam zu machen, dass diese Reaktion, wie die mit JJK, mit dem Theegerbstoff nicht eintritt, also gelegentlich zur Kontrolle benützt werden kann.

Die Reaktion mit Ammoniumvanadat in salzsaurer Lösung kann ich noch weniger empfehlen, weil sie noch unsicherer ist, wie die mit Ammoniummolybdat. Man stösst sogar in der Literatur auf die Angabe, dass Koffeïn mit Ammoniumvanadat in salzsaurer Lösung überhaupt keine Reaktion gibt. Mit dem Gerbstoff tritt sie nicht ein.

Die bisher besprochenen Reaktionen, so wenig zufrieden ich mit ihnen war, haben aber doch gezeigt, wenn sie eintraten, dass der Sitz des Koffeïns, nicht wie Herr Suzuki annimmt, die Epidermen,

Digitized by Google

sondern in erster Linie die Palisaden und in zweiter Linie das Schwammparenchym sind.

Ich habe nun die Reaktion mit Goldchlorid zu besprechen, die mir die besten Resultate lieferte.

Es ist bekannt, dass Koffeïn in Salzsäure gelöst, mit Goldchlorid einen charakteristischen krystallinischen Niederschlag von Koffeïngoldchlorid liefert, der schwer löslich ist. Dass diese Reaktion mikrochemisch verwendet wurde von Molisch und Tschirch-Oesterle, erwähnte ich schon. Da bei ihnen die Reaktion nicht im Präparat, sondern nur im Beobachtungstropfen eintritt, so gibt sie nur Aufschluss darüber, ob das Präparat überhaupt Koffeïn enthielt. Auf dieselbe Weise charakterisiert Nestler den, durch Mikrosublimation erhaltenen Beschlag als Koffeïn.

Ich sagte mir, dass die aufeinanderfolgende Behandlung mit HCl und $AuCl_3$ mich nicht würde befriedigen können, da das Koffeïn zuerst in der Salzsäure gelöst wird, sich also nicht mehr am primären Orte befindet. Ich versuchte daher, zunächst auf Koffeïnkristalle ein Gemisch von HCl und $AuCl_3$ einwirken zu lassen. Der Erfolg war durchaus positiv. Die ganzen Koffeïnkrystalle bedeckten sich mit den Kryställchen der Doppelverbindung.

Ich behandelte Schnitte durch frische und trockene Blätter ebenso und erhielt einen braunen Niederschlag im ganzen Mesophyll, übereinstimmend mit den übrigen von mir versuchten obigen Reaktionen und wieder im Gegensatz zu den Beobachtungen von Suzuki. Ich habe auch Blattstücke längere Zeit in die Salzsäuregoldchloridlösung gelegt und dann untersuchen wollen. Sie wurden aber so brüchig, dass ich keine guten Schnitte erhielt und daher diese Methode verliess.

Ich glaubte damit am Ziele zu sein, erlebte aber zunächst eine Enttäuschung. Wie ich an verschiedenen Stellen ausgeführt habe, ist das Koffeïn als Koffeïntannat in den Theeblättern enthalten. Es war also zu untersuchen, wie sich der Gerbstoff gegenüber Goldchlorid und Salzsäure verhält; denn, wenn auch im frischen Theeblatt alles Koffeïn an Gerbstoff gebunden ist, also aus dem Auftreten einer Gerbstoffreaktion zugleich auf die Anwesenheit von Koffeïn geschlossen werden durfte, so war doch mit der Möglichkeit zu rechnen, dass ein Überschuss von Gerbstoff in der Pflanze vorhanden ist, also freier Gerbstoff irgendwo vorhanden sein konnte. Ich stellte mir daher eine kleine Menge des Gerbstoffes der Theepflanze her, indem ich den wässerigen Auszug mit Pb-Acetat fällte, den Niederschlag von Bleitannat auf dem Filter sammelte, auswusch, ihn dann in $H_2O$ verteilte, mit $SH_2$ behandelte, das PbS abfiltrierte und das Filtrat, welches

Digitized by Google

nun den freien Gerbstoff enthielt, eindampfte. Ich bekam so den Gerbstoff als gelbbraune, amorphe Masse.

Was ich befürchtet hatte, trat ein. Der Gerbstoff gibt mit Salzsäure und Goldchlorid ebenfalls einen Niederschlag, der aber stets amorph ist.

Ich musste nun versuchen, den Gerbstoff aus den Präparaten zu entfernen, ohne zugleich alles Koffeïn mit wegzunehmen; wenn dann die Reaktion noch eintrat, so konnte sie nur von Koffeïn hervorgerufen sein. Die leichte Löslichkeit des Gerbstoffes (1 : 2) und die schwere Löslichkeit des Koffeïns (1 : 80) im Wasser zeigte den Weg.

Gleichdicke Schnitte durch die Blätter, die man am besten mit dem Mikrotom macht, werden in Wasser gelegt, und von Zeit zu Zeit ein Schnitt mit Eisenchlorid auf Gerbstoff untersucht. Sobald die Reaktion nicht mehr eintrat, war aller Gerbstoff ausgewaschen. Es waren dazu bei dem von mir untersuchten frischen Material bei einer Dicke der Schnitte von 0,02 mm ungefähr 15—20 Minuten erforderlich. Dann kamen die Schnitte in ein Gemisch von Salzsäure und Goldchlorid und gaben jetzt einen, wenn auch schwächeren, so doch noch deutlichen gelbbraunen Niederschlag, der nur von Koffeïn herrühren konnte. Er entstand an denselben Stellen wie vorhin. Da der freie Gerbstoff ausgewaschen war, so konnte der Niederschlag nur vom Koffeïn und dem an das Koffeïn gebundenen Gerbstoff erzeugt sein. Da der letzte, der Gerbstoff, ebenfalls an der Bildung des Niederschlags beteiligt sein wird, so scheint es mir nicht wunderbar, dass ich stets nur amorphe Niederschläge erhielt; da der stets amorphe Tannatniederschlag den Koffeïnniederschlag am Auskrystallisieren verhinderte. Auch mit Hülfe des Polarisationsmikroskopes konnte ich keine Krystalle beobachten.

Der Niederschlag entstand in folgenden Geweben: in den Palisaden, im Schwammparenchym, im Mittelnerv, in den Markstrahlen, vereinzelt im Phloëm (offenbar in den Parenchymzellen) und in den Collenchymbelegen unter der Epidermis. In den Schliesszellen der Spaltöffnungen wurde ebenfalls ein sehr schwacher Niederschlag beobachtet; ich bin aber nicht sicher, ob es sich hier nicht einfach um Gerbstoff handelt.

Ich habe dann weiter auch andere Teile der Theepflanze untersucht, hauptsächlich die Axe. Hier gelang es jedoch nicht, den Gerbstoff soweit auszuwaschen, dass nur noch Koffeïn, respektive Koffeïntannat vorhanden war. Wenn die Gerbstoffreaktion mit $Fe\,Cl_3$ aufhörte infolge langen Wasserliegens, so trat auch keine Reaktion mehr ein mit einem Gemisch von Salzsäure und Goldchlorid. Der ohne vorheriges Auswaschen erhaltene braune Niederschlag war

Digitized by Google

stärker in der Rinde zu sehen, dann ganz leise angedeutet in den Markstrahlen des Holzes, besonders gegen das Mark zu. Im Marke selber trat er nicht ein.

In der Wurzel traten dieselben Verhältnisse auf. Auch hier sind die Markstrahlen mehr oder weniger scharf hervortretend, ebenfalls die Endodermis etwas dunkel, aber nur sehr wenig.

Die vorliegenden Resultate der mikroskopischen Untersuchung mögen ihre Bestätigung und ihre Erweiterung erfahren durch Angaben der chemischen quantitativen Analyse.

Bekanntermassen ist das meiste Koffeïn in den Blättern enthalten. Ich fand als Mittel von 19 untersuchten Theesorten 3,35% (Maximum 4,21%; Min. 1,78%). In alten Blättern nimmt der Koffeïngehalt, wenigstens prozentual genommen, ab. Es enthielten:

Junge Blätter von Pallanza 1906 . . . . . 3,7% Koffeïn
Alte „ „ „ 1906 . . . . . 1,35% „

Beitter (L. 10, S. 349) gibt an für

Thea sinesis L. junge Blätter . . . . . 2,12%
„ „ alte „ . . . . . 1,22%
„ assamica L. junge Blätter . . . . . 2,48%
„ „ alte „ . . . . . 1,66%

Rombourgh und Lohmann (L. 89) fanden in den Tropen

im ersten und zweiten Blatt der Knospe . . . . . 3,4%
in Haaren an jungen Blättern . . . . . 2,2%
im fünften und sechsten Blatt . . . . . 1,5%

Aus gutem Handelsthee erhielt ich folgende Reihe:

| | Trockengewicht | Total Koffeïn | % Koffeïn |
|---|---|---|---|
| | gr | gr | |
| 50 ganz junge Blättchen . . | 0,1082 | 0,0099 | 9,2 |
| 50 etwas grössere Blättchen | 0,2478 | 0,0097 | 3,9 |
| 50 grössere Blättchen . . . | 0,3538 | 0,0127 | 3,6 |
| 50 alte Blätter . . . . . | 8,1518 | 0,0290 | 0,8 |

Diese Zahlen sind nicht mit Hülfe der Kjeldahl'schen Stickstoffbestimmung ermittelt, sondern nach C. Keller. Das gewogene Koffeïn war auch zuweilen recht unrein, die Zahlen sind daher zu hoch (speziell 9,2%), aber doch untereinander vergleichbar.

Um ganz einwandfreie Resultate zu erhalten, machte ich eine Reihe von Untersuchungen an frischem Material, gepflückt auf den borromeischen Inseln Ende Mai 1907. Von 50 Sprossen wurde je das erste, zweite, dritte und vierte Blatt sorgfältig abgetrennt, und die vier, nach Blattgrösse geordneten Haufen, einzeln genau untersucht (Kjeldahl'sche N-Bestimmung) Ein fünfter Haufe bestand aus 50, am selben Strauch von selbst abgefallenen alten Blättern, die auf dieselbe Art und Weise untersucht wurden. Die erhaltenen Resultate sind in folgender Tabelle V zusammengestellt.

Digitized by Google

Tab. V.

| Gewicht von je 50 Blättern Trockensubstanz | Total Koffeïn in gr | Koffeïn prozentual ausgerechnet |
|---|---|---|
| gr | gr | % |
| I. 0,3616 | 0,0174 | 4,92 |
| II. 0,9321 | 0,0305 | 3,27 |
| III. 1,2092 | 0,0319 | 2,64 |
| IV. 1,4455 | 0,0359 | 2,47 |
| V. 11,0000 | 0,1001 | 0,91 |

Über den Koffeïngehalt von Holz und Rinde sind bis jetzt folgende Angaben veröffentlicht worden:

Rombourgh und Lohmann (L. 90): Stengel zwischen dem 5. u. 6. Blatt 0,5 %
Peckolt (L. 81): Theezweige (trocken) . . . . . 0,749 %
Suzuki (L. 114): In der Rinde nur Spuren, nicht sicher.
Beitter (L. 10), Gehe und Cie.: Zweige und Rinde nur wenig.
Weil (L. 125, S. 22): Theeäste . . . . . 0 %
Ich selber fand folgende Zahlen: Holz der Axe . . . . . 0,06 %
Rinde der Axe . . . . . 0,08 %

Es kann daraus gefolgert werden, dass jedenfalls nur sehr wenig Koffeïn in Rinde und Zweigen enthalten ist.

Über den Koffeïngehalt in den Wurzeln liegen sehr verschiedene Angaben vor.

Beitter (L. 10); Gehe und Cie. (L. 36) in Wurzel . . 0 %
Peckolt (L. 81): in Keimwurzeln . . . . . 0,18 %
in Theewurzeln frisch . . . . . 0,121 %
„ „ trocken . . . . 0,244 %
Weil (L. 125, S. 22) in der Wurzel . . . . . 2,8 %
Ich selbst am alten Baum: Wurzelholz . . . . . 0 %
Wurzelrinde . . . . 0,15 %

Diese ausserordentlich geringen Mengen Koffeïn in der Axe und der Wurzel machen es erklärlich, dass meine Versuche, es hier mikrochemisch nachzuweisen, ganz unsichere Resultate lieferten.

Der Koffeïngehalt der Theeblüten ist etwas geringer als derjenige der Theeblätter. Rombourgh und Lohmann (L. 90) geben an für

Korolle. . . . . 0,8 %
Kelch . . . . . 1,5 %
Perrot (L. 83) in Blütenknospenthee . 2,10—2,18 %

Ich selber fand in Blütenknospen von Pallanza:

Kelch . . . . . 2,39 %
Staubgefässe . . . . . 0,44 %
In der totalen Blütenknospe . . . . . 2,09 %
In einem Blütenthee aus Cochinchina . . . 1,17 %
In einem 2ten Muster derselben Provenienz 1,25 %

Viel mehr weichen die Angaben auseinander über den Koffeïngehalt von Früchten und Samen. Während Hooper (L. 49), Clautriau (L. 19), Suzuki (L. 114), Rombourgh und Lohmann (L. 90), Kellner (L. 54) gar kein Koffeïn fanden in reifen Theesamen, fanden Ludwig Weil (L. 125, S. 28) im Samen 0,065 % Koffeïn, Boorsma (L. 12) 0,05 %, Beitter (L. 10) Spuren, sowohl in reifen als in

Digitized by Google

unreifen Früchten, Peckolt (L. 81) in Theesamen trocken 1,058 %, in Theesamen frisch 2,045 %, in Theesamenschalen trocken 0,435%, Rombourgh und Lohmann (L. 90) in grünen Fruchtschalen 0,6 %; Gehe und Cie. (L. 36) 0,1 %; Nestler (L. 77) sowohl in Kotyledonen als in Samenschalen. Seine Angabe, es gelänge nur dann, den Nachweis mikrochemisch mittels der Sublimationsmethode durchzuführen, wenn das Koffeïn zunächst mittelst Chloroform aus den Kotyledonen herausgezogen sei, fand ich vollständig richtig. Andere Produkte der trockenen Destillation verhindern offenbar die krystallinische Abscheidung des Koffeïns. Peckolt (L. 81) gibt im Theesamen 1 % Koffeïn an. Ich selber fand in Theesamen, bezogen durch die Handelsgärtnerei Haage & Schmidt, Erfurt, folgende Werte:

Theesamenschalen . . . 0,059 %
Theekotyledonen . . . 0,097 %
In einem zweiten Muster 0,107 %.

Auf das Verhalten des Koffeïns während der Keimung werde ich im folgenden Kapitel noch zu sprechen kommen.

## II. Kapitel.

### Über die physiologische Rolle des Koffeïns in der Theepflanze.

Schon 1887 wurden die ersten Versuche gemacht, um die Rolle des Koffeïns in der Pflanze klarzulegen. O. Kellner, Makino und Ogasawara (L. 54) gelangen auf Grund ihrer Analysen zum Resultate, dass Koffeïn eine plastische Substanz sei, die zum Aufbau der Eiweiskörper Verwendung findet. Da ihre Resultate sehr zuverlässig sind und als von hohem Interesse für die vorliegenden Fragen volle Beachtung verdienen, mögen hier die interessantesten Zahlenreihen aufgeführt werden. (Tabelle VI.)

Tab. VI. **Betrag des Gehalts an Koffeïn in jungen Blättern, in Prozenten der Trockensubstanz.**

| | Koffeïn | Gesamt-N | Eiweiss-N | Koffein-N | Amid-N |
|---|---|---|---|---|---|
| am 15. Mai . . . . . | 2,85 | 4,91 | 3,44 | 0,81 | 0,66 |
| „ 30. „ . . . . . | 2,80 | 3,88 | 2,77 | 0,79 | 0,32 |
| „ 15. Juni . . . . . | 2,77 | 3,65 | 2,73 | 0,78 | 0,14 |
| „ 30. „ . . . . . | 2,59 | 3,37 | 2,43 | 0,73 | 0,21 |
| „ 15. Juli . . . . . | 2,51 | 3,21 | 2,31 | 0,71 | 0,21 |
| „ 30. „ . . . . . | 2,30 | 3,19 | 2,25 | 0,65 | 0,29 |
| „ 15. August . . . . | 2,30 | 3,05 | 2,28 | 0,65 | 0,12 |
| „ 30. „ . . . . . | 2,22 | 2,91 | 2,19 | 0,63 | 0,16 |
| „ 15. September . . . | 2,05 | 2,93 | 2,27 | 0,59 | 0,08 |
| „ 30. „ . . . | 2,06 | 2,91 | 2,39 | 0,58 | — |
| „ 15. Oktober . . . . | 1,83 | 2,87 | 2,45 | 0,52 | — |
| „ 30. „ . . . . | 1,79 | 2,88 | 2,35 | 0,51 | 0,02 |
| „ 15. November . . . | 1,30 | 2,83 | 2,30 | 0,37 | 0,16 |
| „ 30. „ . . . | 1,00 | 2,74 | 2,35 | 0,28 | 0,11 |
| „ 15. Mai (alte Blätter) . | 0,84 | 2,67 | 2,43 | 0,23 | 0,01 |



Digitized by Google

O. Kellner konstatiert also, dass der Koffeïngehalt am 15. Mai zu Beginn der Vegetation 2,85 % betrug und regelmässig während der Entwickelung des Triebes sinkt, um am 30. November nur noch 1 % zu betragen. Er erklärt diese Abnahme des Koffeïns dadurch, dass er annimmt, es werde weiter verarbeitet zu Eiweisstoffen. Diesen Schluss sucht er durch folgende neue Tabelle VII zu erhärten, in der das Verhältnis des Eiweissstickstoffes zum Koffeïnstickstoff ausgerechnet ist in Prozenten zum Gesamtstickstoff.

Tab. VII.

| | In Prozenten des Gesamt-N betrug am | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 15. Mai | 30. Mai | 15. Juni | 30. Juni | 15. Juli | 30. Juli | 15. Aug. | 30. Aug. | 15. Sept. | 30. Sept. | 15. Okt. | 30. Okt. | 15. Nov. | 30. Nov. | 15. Mai alte Blätt. |
| der Eiweiss-N | 70,1 | 71,4 | 74,8 | 72,2 | 71,4 | **70,5** | 74,7 | 73,5 | 77,2 | 80,1 | 81,8 | 81,6 | 81,2 | **85,5** | 91,4 |
| „ Koffeïn-N | 16,5 | 20,4 | 21,4 | 21,6 | 22,1 | **20,4** | 21,3 | 21,1 | 20,1 | 19,9 | 18,1 | 17,7 | 13,1 | **10,2** | 8,6 |

Bei oberflächlicher Betrachtung dieser Tabelle scheint es wohl einleuchtend zu sein, dass der Verlust an Koffeïn-N durch eine entsprechende Zunahme des Eiweiss-N seine Erklärung fände. Während der Koffeïn-N-Gehalt sinkt von 20,4 % vom 30. Juli bis auf die Hälfte, d. h. 10,2 % am 30. November, steigt der entsprechende Stickstoffgehalt des Eiweisses von 70,5 % bis 85,5 %. Es würde also aus dieser Untersuchung hervorgehen, dass das Koffeïn beim Aufbau des Eiweisses Verwendung finde.

Mit Recht weist Clautriau (L. 19, Seite 70) darauf hin, dass dieser Schluss nur dann berechtigt wäre, wenn der Nachweis erbracht würde, dass alle Eiweiss-N-Atome auch wirklich hervorgegangen sind aus Koffeïn-N-Atomen. Dass dies aber höchst wahrscheinlich nicht zutreffen werde, leuchtet sofort ein, wenn man bedenkt, dass die Pflanze während der ganzen Zeit weiter assimiliert und neuen Stickstoff in Form von Ammoniak oder salpetersauren Verbindungen vom Boden aufnimmt.

Die Ansicht, dass beim Wachstum der Blätter das Koffeïn aus ihnen zum Teil wieder verschwindet, ist sehr weit verbreitet und man kann sich unschwer von der scheinbaren Richtigkeit dieser Ansicht überzeugen, wenn man in jüngern und ältern Blättern derselben Pflanze den Koffeïngehalt bestimmt. Man findet dann nämlich, dass derselbe in älteren Blättern viel niedriger ist, als in jüngeren. Trotzdem ist der Schluss, den man aus diesen Zahlen gezogen hat, völlig falsch und es stellt sich heraus, dass der Koffeïngehalt absolut ge-

Digitized by Google

nommen ständig zunimmt, freilich in immer geringerem Masse, je älter das Blatt wird.

Eine einfache Überlegung zeigt, dass die von Kellner, Sawamura (L. 94) und andern gewählte Form des Versuches unrichtig ist, indem sie von Gewichtsmengen der Blätter ausgingen. Ich habe die Versuche so gemacht, dass ich von frischen Zweigen von Theesträuchern, die ich von Pavia mitgebracht hatte, die Blätter abpflückte und dieselben nach dem Alter in 4 Gruppen teilte. In je 50 der Blätter jeder Gruppe wurde das Koffeïn bestimmt. Es ergab sich folgendes:

Tab. VIII.

| Von je 50 Blättern betrug | | | |
|---|---|---|---|
| | das Gewicht der Trockensubstanz | die Menge des Koffeïns | der %-Gehalt an Koffeïn |
| bei den | gr | gr | |
| kleinsten, jüngsten Blättern . . | 0,3616 | 0,0174 | 4,92 |
| grössern, zweitjüngsten Blättern | 0,9321 | 0,0305 | 3,27 |
| noch grössern, drittjüngsten Blätt. | 1,2092 | 0,0319 | 2,64 |
| grössten, viertjüngsten Blättern | 1,4455 | 0,0359 | 2,47 |

Wie die Tabelle zeigt, nimmt der absolute Koffeïngehalt in den Blättern durchaus nicht ab, sondern sehr erheblich zu. 50 ältere Blätter enthalten doppelt so viel Koffeïn wie 50 jüngste Blätter. Der %-Gehalt dagegen sinkt von 4,9 bis auf 2,4 %. Es zeigt sich also, dass allerdings in der ersten Zeit in den jungen Blättern bei weitem am meisten Koffeïn gebildet wird, dass später die Bildung von Koffeïn gegenüber derjenigen anderer Bestandteile (Zellhäute, Cellulose, Plasma, Asche u. s. f.) stark zurücktritt, aber nicht unterbleibt. Durch diese Versuche dürfte der Ansicht von Kellner, dass das Koffeïn zum Aufbau von Eiweiss verbraucht wird, der Boden entzogen sein. [1])

Damit gewinnt die andere Anschauung, dass das Koffeïn in den Theeblättern ein Endprodukt, d. h. ein Abfallprodukt darstellt, das von der Pflanze nicht mehr zum Aufbau anderer Stoffe weiter verarbeitet wird, an Boden.

Ich hebe dies hervor gegenüber der neuerdings von Th. und C. J. Weevers de Graf (L. 123) wieder verteidigten Meinung, Koffeïn sei ein intermediäres

[1]) Auf Seite 166 des Botanischen Zentralblattes 1907, XXVIII. Jahrgang, II. Bd., Nr. 7 erfahre ich, dass Jong (L. 51) zu analogen Resultaten kommt beim Studium des Alkaloïdgehaltes der Kokablätter.

Digitized by Google

Produkt des Stoffwechsels. Dieselben untersuchten bei einem längeren Aufenthalt in Buitenzorg eine Reihe alkaloïdhaltiger Pflanzen, Thee inbegriffen, um der Rolle der Alkaloïde näher auf die Spur zu kommen. Sie fanden, dass gelb gewordene Theeblätter, die bei der geringsten Berührung zu Boden fielen, vollständig koffeïnfrei waren! Diese Angabe ist mir sehr aufgefallen, denn ich hatte schon vorher eine Reihe von alten Theeblättern, die von selber von der Pflanze abgestossen worden waren, auf Koffeïn hin untersucht. Dabei hatte ich folgende Zahlen erhalten:

| | |
|---|---|
| Trockengewicht von 50 abgestossenen Blättern | 11,0000 gr |
| Gewicht des Totalkoffeïns darin . . . . . | 0,1001 gr |
| Prozentual ausgerechnetes Koffeïn . . . . . | 0,91 %. |

Vergleicht man diese Zahlen mit meiner früheren Reihe (Seite 315, Tabelle VIII), so sieht man, dass sie sich aufs schönste an jene Zahlen angliedern würden, so dass also ein Rückgang oder sogar ein Verschwinden im Koffeïngehalt bei den abgefallenen Blättern nicht zu erkennen ist.

Es war mir denn auch nicht schwierig, die Erklärung für das Nichtauffinden von Koffeïn durch Weevers de Graaf zu geben. Dieselben verwendeten zur Koffeïnbestimmung eine Methode, in der die Blätter mit ungelöschtem Kalk behandelt werden. Nun hat aber A. Beitter (Lit. 10) 1901 in seiner Arbeit „Neuere Erfahrungen über Koffeïnbestimmung" nachgewiesen, dass beim Behandeln mit Kalk die Hälfte des ganzen Koffeïns zersetzt wird. Bedenkt man ferner, dass Beitter seine Beobachtungen an mehrere Prozent Koffeïn enthaltenden Thees machte und dass der Prozentgehalt der abgefallenen Blätter an Koffeïn nicht einmal 1 % beträgt, so wird man leicht einsehen können, dass die geringe Menge Koffeïn leicht übersehen wurde, und Weevers Begründung mithin nicht stichhaltig ist. Dazu kommt, dass sie keine quantitativen Bestimmungen machten, sondern nur den qualitativen Nachweis zu führen suchten.

Interessant ist die Angabe Weevers, dass er bei manchen Theesträuchern bunte, das heisst, teilweise gelb, teilweise grün gefärbte Blätter vorfand. Er traf sogar solche Blätter an, die von der Mittelrippe nach der einen Seite ganz gelb, nach der andern Seite hin ganz grün waren. Die beiden Blatthälften in Grösse und Form vollkommen gleich, unterschieden sich nur durch das Fehlen oder Vorhandensein von Chlorophyll. Er untersuchte beide Hälften auf Koffeïn und fand, dass die gelben Hälften vielmehr Koffeïn enthielten als die grünen, hat dies aber nur abgeschätzt.

Da ich von der Isola Madre ganz ähnlich gefärbte Blätter zur Untersuchung mitgenommen hatte, so schien es angezeigt, diese Angaben auf ihren wahren Tatbestand hin einer Prüfung zu unterwerfen.

In einem ersten Versuche wog ich gleich grosse Mengen von der gelben und der grünen Hälfte desselben Blattes ab, trocknete sie im Exsiccator, verrieb sie mit gleich grossen Mengen reinem Glassand und Chloroform und verglich dann die nach der Sublimationsmethode von Nestler erhaltenen Mengen des Koffeïns. Ich fand wie Weevers, dass in gelb gefärbten Blatthälften im selben Blattgewicht mehr Koffeïn enthalten ist, als in der grünen Hälfte.

In einem zweiten Versuche schnitt ich links und rechts zwei gleich grosse Stücke heraus; das eine war gelb, das andere grün, beide symmetrisch zu der Mittelrippe des Blattes gelegen.

Digitized by Google

Diesmal zeigte sich, dass die grüne Hälfte am meisten Koffeïn enthielt. Es mag dies dadurch erklärt werden, dass der grüne Teil wegen seines Gehaltes an Chlorophyll schwerer ist als der gelbe Teil und dass, um gleiche Gewichtsquantitäten zu haben, eine entsprechend grössere Fläche des vergilbten Blattes notwendig ist, als wie vom grünen Blatt.

Ich glaube, dass man dem zweiten von meinen Versuchen, der gleiche Volumina der Blätter berücksichtigt, ein grösseres Gewicht beilegen muss, als wie dem ersten, den ich so anstellte wie Weevers. Jedenfalls scheint es mir aber nicht angebracht zu sein, aus diesen Befunden an mehr oder weniger anormalen Blättern etwas über die physiologische Rolle des Koffeïns ableiten zu wollen.

Ein wichtiger Aufschluss über die Rolle des Koffeïns in der Pflanze musste aus seinem Verhalten bei der Keimung zu erwarten sein. Es haben auch schon mehrere Forscher versucht, diese Sachlage klar zu legen.

Heckel (L. 43) hat sich zuerst mit der Frage beschäftigt, was aus dem Koffeïn bei der Keimung würde. Er sah dieses Alkaloïd verschwinden bei Samen von Sterculia acuminata Beauv. (= Cola vera Schumann) und glaubt daraus den Schluss ziehen zu müssen, dass es zum Aufbau der Keimpflanze verwendet worden sei.

Auch Gaucher (L. 35) glaubt bei Coffea arabica Benth. zum selben Resultate gelangt zu sein. Er konnte während des ersten Wachstumsstadiums das Koffeïn mikrochemisch in den Keimlingen nicht nachweisen. Daraus könnte auf ein Verschwinden des Koffeïns während der Keimung geschlossen werden, wenn der mikrochemische Nachweis einwandfrei gelingen würde, auch wenn das Koffeïn in einer starken Verdünnung vorliegt. Dieses ist aber in der Pflanze nicht der Fall. (Siehe S. 305.)

Die Untersuchungen von Clautriau und Suzuki, zu denen ich jetzt überzugehen habe, führten auch wirklich zu entgegengesetzten Resultaten (L. 19, 114.) Dieselben sahen das Koffeïn erst während der Keimung der Samen auftreten; im Samen selbst haben sie nichts gefunden, was mit meinen Resultaten im Widerspruch steht, wobei ich zugleich bemerke, dass die so ausserordentlich empfindliche Sublimationsmethode zum Nachweis von Koffeïn Clautriau und Suzuki nicht bekannt waren.

Clautriau (L. 19) besonders hat durch mehrere Versuche klar dargelegt, dass eine Koffeïnvermehrung während der Keimung stattfinde, ganz einerlei, ob dieselbe im Dunkeln oder im Lichte vor sich gehe.

Bei zehntägigen Lichtkeimlingen fand er 0,62% Koffeïn, während bei Dunkelkeimlingen von gleichem Alter 0,77% Koffeïn gefunden wurden. (L. 19, S. 57.)

Aus der Tatsache, dass das Alkaloïd während der Keimung nicht verschwindet, sondern sich sogar vermehrt, lässt sich aber noch keineswegs mit Sicherheit der Schluss ziehen, dass das Alkaloïd nicht ein Reservestoff sei für die junge Pflanze. (L. 85.)

Hat doch z. B. Pfeffer (L. 84) mit seinen Versuchen über Asparagin nachgewiesen, dass bei Lichtabschluss sich diese plastische Substanz anhäufe ohne Verwertung zu finden wegen Mangel an Kohlehydraten, sobald aber die ätiolierte Pflanze assimilieren könne, verschwindet das Asparagin sehr rasch. (L. 72.)

Digitized by Google

Durch passende Versuchsanordnungen und erhaltene Analysenresultate weist Clautrian auch die Möglichkeit ab, dass das Koffeïn vorübergehend aufgesammelt werde, um nachher zu verschwinden. Er findet immer, dass das Koffeïn bei der Keimung keine weitere Verwendung mehr findet. Er findet bei 10—12 cm langen Keimlingen:

im Schatten gehalten 1,15 % Koffeïn.
im Lichte gehalten 1,00 % „

Ich kann seine Resultate nur bestätigen. An acht Wochen alten Keimlingen fand ich folgende Resultate:

Keimwurzeln (durchschnittlich 10 cm lang) . . 0,18 % Koffeïn
Kotyledonen . . . . . 0,04 % „
Grüne Sprosse mit Blättern (im Mittel 5 cm lang) 1,6 % „

Die Hauptmenge findet sich also in den grünen Pflanzenteilen, was mit den Resultaten meiner mikrochemischen Untersuchung (S. 311), wo ich es auch am reichlichsten in den Chlorophyllzellen fand, übereinstimmt.

Das Koffeïn scheint keine Wanderungen in der Theepflanze zu machen, sondern an Ort und Stelle zu bleiben, wo es entsteht, was auch wieder gegen seine Rolle als Reservestoff sprechen würde.

Ringelungsversuche an Theezweigen, von Clautriau (L. 19, S. 67) in Buitenzorg ausgeführt, zeigen dieses Verhalten ganz deutlich. Derselbe hatte, anlehnend an die Versuche von Treub (L. 118), dem es gelungen war, oberhalb von Ringelschnitten an Zweigen von Pangium edule Reinw. eine Konzentration der Cyanwasserstoffsäure nachzuweisen, versucht, durch Ringelungsversuche zu erforschen, ob sich ein Transport des Alkaloïdes nach unten hin nachweisen liesse. Er hat aber immer nur eine Verminderung des Alkaloïdes in den geringelten Zweigen nachweisen können. Ich will nur den letzten seiner Versuche vorführen, der mir viel einwandfreier erscheint wie die übrigen. Clautriau suchte sich eine ganze Reihe identisch entwickelter Zweige eines und desselben Theestrauches aus. Bei der einen Hälfte dieser Zweige führte er den entsprechenden Ringelschnitt aus (Entfernung der Rinde und des Bastes etwa 2 cm hoch rings um den Zweig herum), bei der anderen Hälfte markierte er sich die entsprechende Stelle mittelst eines Fadens. Nach drei Wochen werden beide Partien an den entsprechenden Stellen abgeschnitten und auf Koffeïn untersucht. Es fanden sich:

bei geringelten Zweigen . . . . 0,88 % Koffeïn
bei den nicht geringelten Zweigen . 1,25 % „

Durch den Ringelschnitt wird also eine ganz beträchtliche Verminderung des Alkaloïdgehaltes erzielt. Dieses fehlende Koffeïn hat sich aber nicht etwa umgebildet in Eiweisstoffe, denn auch der Eiweissgehalt hat bei geringelten Zweigen ganz in derselben Weise abgenommen wie folgende Tabelle angibt.

Geringelte Zweige enthielten . . . 1,94 % Total-Eiweiss
Die nicht geringelten enthielten . . 2,68 % „ „

Das Koffeïn hat abgenommen im Verhältnis 1 : 1,38; das Totaleiweiss im Verhältnis 1 : 1,42. Es hat also auch hier kein Koffeïn zum Eiweissaufbau Verwendung gefunden.

Digitized by Google

Von hervorragender Wichtigkeit und sehr schwerwiegend für die Theorie der Rolle des Koffeïns in der Theepflanze ist folgender Versuch Clautriaus (L. 19, S. 43), bei dem beim Verschwinden des Eiweisses eine gleichzeitige Vermehrung des Koffeïns von ihm wahrgenommen wurde.

Geringelte Zweige wurden an der Assimilation verhindert, indem man sie von Kohlendioxyd abschloss, ohne dabei die Lichtstrahlenwirkung zu eliminieren. Die dabei auftretende Abnahme von Eiweiss war begleitet von einer Zunahme des Koffeïns. Es ist hiemit klargelegt, dass das Auftreten von Koffeïn nicht an die Assimilation gebunden ist, sondern dass das Koffeïn vielmehr als Abfallprodukt zu betrachten ist.

Damit scheinbar im Widerspruch steht meine mikrochemische Beobachtung, dass das Koffeïn am reichlichsten sich in den chlorophyllführenden Zellen befindet, aber, wie gerade die Versuche von Clautriau zeigen, darf man daraus nicht auf einen direkten Zusammenhang zwischen Assimilation und Koffeïnbildung schliessen.

Noch sicherer würden die Resultate von Clautriau gewesen sein, wenn er seine Versuche so modifiziert hätte, dass er nicht Ringelung und $CO_2$-Entzug gleichzeitig einwirken liess. Ich konnte zu meinem grössten Bedauern solche Versuche nicht anstellen, da mir nur ein grösserer Theestrauch zur Verfügung stand, den ich von Fratelli Rovelli aus Pallanza bezogen hatte und der, in voller Blüte im Winter verschickt, beständig kränkelte.

Ein dritter Weg zum Studium der Rolle des Koffeïns in der Pflanze ist gegeben durch die Art und Weise, wie sich die Pflanze verhält gegenüber Stickstoffdüngung. Falls Koffeïn ein Assimilationsprodukt wäre, das weitere Verwendung finden würde zum Aufbau des Eiweissmoleküles, so müsste höchst wahrscheinlich der Gehalt an Koffeïn durch solch eine Düngung zunehmen. Lassen wir zunächst die Tatsachen sprechen, wie sie aus den Versuchen von Clautriau (L. 19, S. 60, 61) hervorgehen.

Derselbe schnitt Zweige unter Wasser ab und stellte sie in Nährlösungen, teils mit, teils ohne Ammoniumnitrat. Jeden zweiten Tag wurden die Nährsalzlösungen durch frische ersetzt, täglich den Zweigen unten eine frische Schnittfläche verschafft. Die Zweige gediehen vortrefflich und nahmen während des Versuches ständig an Gewicht zu, besonders in den ersten Tagen. Nach 15 Tagen enthielten Zweige, gewachsen in Nährsalzlösungen

| | |
|---|---|
| mit $NH_4NO_3$ . . . . . | 1,25% Koffeïn |
| ohne „ . . . . . | 1,16% „ |
| in destilliertem Wasser . . | 1,29% „ |

Digitized by Google

Aus einer Reihe ähnlicher Versuche, auch mit $KNO_3$, geht hervor, dass der Koffeïngehalt durch die Anwesenheit N-haltiger Stoffe nicht beeinflusst wird. Damit in Einklang steht es, dass man in den Theepflanzungen (z. B. in Java) meist nur mit Kompost aus verrottetem Unkraut und abgeschnittenen Zweigen düngt, und dass es den Theepflanzern bekannt ist, dass eine Verbesserung des Thees durch künstliche Düngemittel kaum erzielt wird, wohl aber eine bedeutende Vergrösserung der Ernte. (L. 104, Bd. II, S. 542.)

Selbst wenn bei diesen Düngungsversuchen eine Vermehrung des Koffeïns stattgefunden hätte, so würde dieselbe nichts bewiesen haben. Man kann sich ohne weiteres vorstellen, dass dabei eine Vermehrung oder Vergrösserung der Eiweissbildung, und damit im Zusammenhang stehend, ein vermehrter Zerfall von Eiweissmolekülen und also eine Anreicherung von Abfallprodukten, nämlich Koffeïn stattfände. (Weitere L. 93: 55; 68.)

Alle drei Wege führten mithin zum selben Resultate: Koffeïn spielt in der Theepflanze die Rolle eines Abfallproduktes.

Beim Nachdenken über dieses Verhalten drängt sich ganz unwillkürlich ein Vergleich mit dem Schicksale der Purinderivate, zu denen ja das Koffeïn gehört, im Tierreiche auf. Verbreitet sind diese sowohl im tierischen, wie auch im pflanzlichen Organismus. Diese stickstoffreichen basischen Substanzen haben eine grosse Verwandtschaft mit der Harnsäure, und alle enthalten im Moleküle zwei Harnstoffmoleküle. Es sind bisher die folgenden, natürlich vorkommenden Vertreter bekannt geworden: Koffeïn, Theobromin, Theophyllin, Methylxanthin, Heteroxanthin, Paraxanthin, Xanthin, Hypoxanthin (= Sarkin), Episarkin, Harnsäure, Adenin und Guanin.

Von diesen kennt man bis jetzt ausschliesslich aus dem Pflanzenreiche folgende: Koffeïn, Theobromin, Theophyllin; ausschliesslich aus dem Tierreiche: Harnsäure, Heteroxanthin, Paraxanthin, Episarkin; beiden gemeinsam sind folgende: Methylxanthin, Xanthin, Hypoxanthin, Guanin und Adenin. Wir wissen von der Harnsäure, dem Xanthin, Hypoxanthin, Methyl-, Para- und Heteroxanthin, dem Episarkin, Sarkin, Guanin und Adenin, dass sie Abfallprodukte des Stoffwechsels sind und entweder unzersetzt, oder als Harnstoff und Harnsäure aus dem Tierkörper ausgeschieden werden. (L. 109; 103; 14, Bd. II, S. 414—415.)

Es ist gewiss nur naturgemäss, wenn wir ihnen im Pflanzenreiche das Koffeïn und seine Verwandten anreihen, die also damit in eine gewisse Analogie zum Harnstoff und zur Harnsäure des tierischen Stoffwechsels treten würden. Es ist ja bekannt, dass durch neuere Untersuchungen (L. 14, S. 43) immer mehr sich die

Digitized by Google

Anschauung Bahn bricht, dass ein durchgreifender Unterschied im Stoffwechsel zwischen Pflanzen und Tieren nicht besteht, und gerade die Purinderivate haben wichtige Unterlagen dafür geliefert. (L. 102, 14, Bd. II, S. 43.)

## III. Kapitel.

### Über das Vorkommen von Sklereïden im Handelsthee.

Die anatomischen Verhältnisse des Theestrauches sind von verschiedenen Autoren recht sorgfältig und gründlich dargelegt worden. Ich begnüge mich, auf die wichtigsten Arbeiten von Hitzemann (L. 46), Collin (L. 20), Tschirch, Oesterle (L. 116) und Kochs (L. 57) hinzuweisen. (Siehe auch L. 115; 105; 17.)

Ich habe mich deshalb darauf hin beschränkt, einer einzigen, rein praktischen Frage eine grössere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Es handelte sich darum, festzustellen, bei welcher Blattgrösse die, für die ganze Gattung so typischen Sklereïden zum ersten Male auftreten und unter dem Mikroskope sichtbar werden. Behauptet doch zum Beispiel Collin (L. 20, S. 97), dass junge Theeblätter die Sklereïden nicht zeigen.

Auch in neuester Zeit wird von Dr. Stscherbatscheff (L. 117) dieselbe Meinung geäussert: Derselbe schreibt wörtlich:

> In den jüngsten Blättern fehlen die Sklereïden. Die geschlossene Pekoknospe enthält nur die Anlagen. Diese erscheinen zunächst in den unteren Teilen der Blätter, im Gewebe der Mittelrippe. Aber noch in dem schon von der Knospe abgelösten Blatte sind sie schwer aufzufinden, da sie sich in der Grösse kaum von den umgebenden Zellen unterscheiden und noch keine Verholzung der Wand zeigen. Nur ihre Form weicht etwas von den umgebenden Zellen ab, und sie sind plasmaärmer wie diese."

Ich habe nun eine Serie von immer jüngeren Blättern daraufhin untersucht. Anstatt Querschnitte zu machen, legte ich das zu untersuchende Material ein paar Tage lang in Chloralhydratlösung, wodurch die Präparate sehr hell wurden. Rotfärbung durch Phloroglucin und Salzsäure ist nicht empfehlenswert, da gleichzeitig die noch sehr dicht zusammenstehenden Haare gefärbt werden, und deren Basis bei ganz jungen Blättern zu Verwechselungen führen könnte.

Bei Blättern, die sich schon von der Knospe abgetrennt hatten, ist es mir stets mit Leichtigkeit gelungen, nach soeben genannter Methode die Sklereïden sofort aufzufinden, wobei die abweichende Lichtbrechung ihrer Wand, sowie ihre Form sofort ihr Vorhandensein verrieten. Selbst die jüngsten Blätter haben ihre Sklereïden. Nur die ganz innersten, unter 2 mm langen Blattanlagen sind

Digitized by Google

sklereïdenfrei. Bei etwas Übung sollte es also stets gelingen, selbst in den feinsten Theesorten, die ja aus den Knospen mit viel grösseren Blättern bestehen, die Sklereïden mit Leichtigkeit aufzufinden.

Über die Verbreitung der Sklereïden finden sich ausführliche Mitteilungen bei Tschirch (L. 117). Seine Angaben stimmen überein mit denen von Hitzemann (L. 46, S. 17), nur bezüglich des Vorkommens in der Rinde liegen abweichende Angaben vor. Während Hitzemann behauptet, die Sklereïden fehlen der Rinde vollständig (L. 46, S. 17), wollen Tschirch und Stscherbatscheff (L. 117) dieselben dort angetroffen haben, obwohl seltener.

Meine eigenen Untersuchungen bestätigen diese letzte Aussage; es ist aber hinzuzufügen, dass sie nur selten in der Rinde vorkommen. Im Samen fand ich keine Sklereïden.

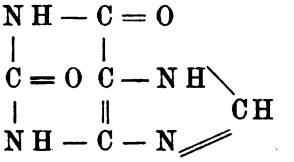
## IV. Kapitel.

### Über die wichtigsten Bestandteile des Theeblattes und ihre Veränderungen bei der Verarbeitung desselben.

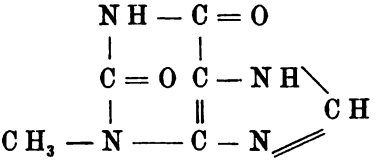
Unter den Bestandteilen des Theeblattes finden sich drei von hervorragender Wichtigkeit: die Alkaloïde, der Gerbstoff und das ätherische Öl.

Von den Alkaloïden kennen wir folgende:

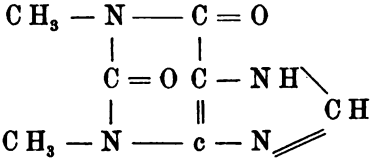
das Xanthin:



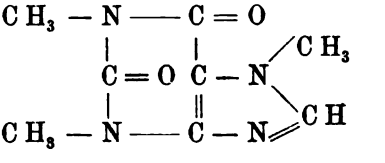
das Methylxanthin:



das Theophyllin (Dimethylxanthin):

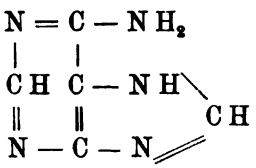


das Koffeïn (Trimethylxanthin):



Digitized by Google

das Adenin (Aminopurin):



Alle fünf stehen chemisch in sehr naher Beziehung zu einander und leiten sich vom Xanthin ab. An Menge übertrifft das Koffeïn die übrigen so sehr, dass wir die anregende und ermunternde Wirkung des Thees ausschliesslich ihm zuschreiben. Es wird daher im Folgenden immer nur von Koffeïn die Rede sein.

Für den Geschmack des Theeaufgusses kommt es, wenn es auch bitter schmeckt, zunächst kaum in Betracht. Hier wird es von dem adstringierend schmeckenden Gerbstoff und dem angenehm aromatisch schmeckenden ätherischen Öle weit übertroffen.

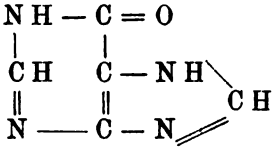
Bei der Beurteilung des Thees für seine Bewertung spielt es merkwürdigerweise keine Rolle. Diese geschieht durch die Theekoster oder Theetaster, welche von einem sorgfältig hergestellten Aufgusse einen Schluck nehmen und diesen, nachdem sie ihn auf die Geschmacksnerven haben einwirken lassen, sofort wieder ausspeien. Von einer Wirkung des Koffeïns kann dabei natürlich keine Rede sein. Dass diese, durch den Gebrauch eingebürgerte Methode viel rationeller sein würde, wenn sie durch eine Alkaloïdbestimmung vervollständigt würde, liegt auf der Hand, denn wie ich Seite 341 zeige, schwankt der Alkaloïdgehalt der Theeblätter in sehr weiten Grenzen und damit natürlich auch seine eigentümliche Wirkung. Die ganze Methode stammt aus einer Zeit, wo man solche genaueren Bestimmungen nicht kannte. Bei der Bewertung alkoholischer Getränke ist es seit lange selbstverständlich, dass das Hauptgewicht nicht auf der Prüfung des Geruches und des Geschmackes, sondern auf der Bestimmung des Alkoholgehaltes liegt. Es ist daher eine völlig gerechtfertigte Forderung, dass auch der Theehandel sich die neuen Errungenschaften der Wissenschaft zu Nutzen macht.

Ich gehe nun zur kurzen Besprechung der genannten Bestandteile über.

Das Koffeïn wurde von Oudry (L. 79) im Thee 1827 aufgefunden. Er hielt es für einen dem Thee eigentümlichen Stoff und nannte es Theeïn. Mulder (L. 71) zeigte 1838, dass es mit dem Koffeïn identisch sei. Es ist daher den Gesetzen der Priorität entsprechend, nur dieser letztere Name zu gebrauchen, und der in der Literatur noch häufig vorkommende Name Theeïn, als zu Irrtümern Veranlassung gebend, zu vermeiden.

Digitized by Google

Das Xanthin wurde 1884 durch Baginsky (L. 6) aufgefunden; das Theophyllin 1888 durch Kossel (L. 61); das Adenin durch Krüger (L. 64) 1895 und das Monomethylxanthin 1903 durch Albanese (L. 1). Nach Krüger soll es sich handeln um eine Verbindung von Adenin mit Theobromin. Das im Theeblätterextrakt gleichfalls vorgefundene Hypoxanthin



soll nach ihm nicht nativ vorgebildet sein, sondern während der Behandlung des Adenins mit Salpetersäure entstehen.

Von den Eigenschaften des Koffeïns habe ich nur die folgenden, als für meine Arbeit wichtigen hervorzuheben. Es krystallisiert in weissen, seidenglänzenden Nadeln aus Wasser mit einem Mol Krystallwasser, welches es bei 100° verliert; ein Teil des Wassers entweicht schon bei Aufbewahren in trockener Luft; aus Alkohol und Äther wird es wasserfrei erhalten. Es schmilzt bei 228—229° (L. 33) und sublimiert bei 177—178°. (Vergleiche aber unten.) Die besten Lösungsmittel sind heisses Wasser {100 Teile $H_2O$ von 100° lösen 45,55 Teile Koffeïn auf; Wasser von 15° nur 1,35 Teile} und Chloroform {bei 15—17° löst es 12,07 %}.

Wichtig ist das Verhalten des Koffeïns bei relativ niederer Temperatur. Bei Eindampfen einer wässrigen Lösung geht nichts verloren (L. 32); dass man es aber beliebig lange bei 105° trocknen könne, wie Trillich und Gökel (L. 119) behaupten, ist nicht richtig.

Ich habe darüber folgende drei Reihen von Versuchen aufgestellt:

Tab. IX. **Koffeïnverluste durch Erhitzen im Wassertrockenschrank.**

| I. Reihe | | | II. Reihe | | | III. Reihe | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Total Gewicht in gr. | Verlust in mgr. | Verlust in % | Total Gewicht in gr. | Verlust in mgr. | Verlust in % | Total Gewicht in gr. | Verlust in mgr. | Verlust in % |
| 0,1358 | 1,6 | 1,2 | 0,1330 | 2,0 | 1,5 | 0,1186 | 1,8 | 1,5 |
| 0,1342 | 1,3 | 1,0 | 0,1310 | 1,6 | 1,2 | 0,1168 | 2,5 | 2,2 |
| 0,1329 | 1,7 | 1,3 | 0,1294 | 2,5 | 1,9 | 0,1143 | 1,1 | 1,0 |
| 0,1312 | 3,1 | 2,3 | 1,1269 | 2,1 | 1,7 | 0,1132 | 1,9 | 1,8 |
| 0,1281 | 1,5 | 1,2 | 0,1248 | 2,2 | 1,8 | 0,1113 | 6,7 [1] | 6,4 [1] |
| 0,1266 | | | 0,1226 | | | 0,1046 | | |

[1]) Erst nach 24 Stunden wieder gewogen.

Digitized by Google

In der ersten Spalte befindet sich jedesmal oben die ursprünglich abgewogene Menge Koffeïn; die darunterstehenden Zahlen zeigen die Mengen, die ich erhielt, wenn ich wog, nachdem ich 3—4 Stunden im gewöhnlichen Wassertrockenschrank bei 97—99° erhitzt hatte. In der zweiten Spalte befinden sich die Differenzen der beiden Wägungen, und in der dritten der Verlust prozentual berechnet. Die letzte Zahl in der dritten Reihe wurde erhalten nach 20stündigem Erhitzen.

Wie man sieht, beträgt der Verlust innerhalb 3—4 Stunden durchschnittlich 2 mgr., das macht pro Stunde ½ mgr. oder 0,4 % des Gesamtgewichtes. Das für diese Versuche benutzte Koffeïn hatte ich aus wässriger Lösung erhalten und vor dem Versuche mehrere Stunden im Wassertrockenschranke erhitzt, um sicher zu sein, dass alles Krystallwasser entfernt war, so dass die in der Tabelle angeführten Verluste tatsächlich Koffeïn sind. Eine willkommene Bestätigung meiner Resultate erhielt ich durch Pukner (L. 87), der bei 95—100° einen stündlichen Koffeïnverlust von 0,3 % beobachtete.

Wie aus dem Vorstehenden hervorgeht, ist es also nicht zulässig, wie es Hilger tut (L. 44), das Koffeïn drei Stunden vor dem Wägen bei 100° zu trocknen, oder nach G. Spencer (L. 107) zwei Stunden bei 95°. In beiden Fällen wird Koffeïn weggehen. Beitter (L. 10) schreibt vor, bei 85° zu trocknen. Diese Temperatur ist zu niedrig, weil dabei das Krystallwasser nicht vollständig weggeht. (Er hat ebenfalls gefunden, dass bei 95° schon Sublimation eintritt.)

Es wäre nun für mich am rationellsten gewesen, über $H_2SO_4$ zu trocknen. Bei der sehr grossen Anzahl von Versuchen, die ich zu machen hatte, war das leider nicht angängig, und ich habe daher eine Stunde im Wassertrockenschranke getrocknet. Etwaige geringe Verluste an Koffeïn einerseits und etwa noch vorhandene Reste von Krystallwasser andererseits fielen bei den ziemlich grossen Mengen, die ich zu wägen hatte, nicht ins Gewicht. Dazu kommt, dass es mir nicht gelungen ist, bei dem von mir angewendeten Kellerschen Verfahren (Vergleiche unten) das Koffeïn stets gleichmässig rein zu erhalten. Ich habe daher bald in dem mehr oder weniger reinen Rückstand den Stickstoff nach Kjeldahl bestimmt und das Koffeïn daraus berechnet. Ich habe mit diesem Übelstand besonders zu kämpfen gehabt bei der Untersuchung frischer Blätter und den verschiedenen Stadien bei der Bereitung des schwarzen Thees. Ich erhielt z. B.:

| freies Koffeïn in % | nach Keller | nach Kjeldahl |
|---|---|---|
| nach dem Welken der Blätter | 4,72 | 2,67 |
| „ „ Rollen „ „ | 5,27 | 3,03 |
| „ 6stündiger Fermentation | 4,16 | 3,66 |

Digitized by Google

Über den Gerbstoff des Thees herrscht noch wenig Klarheit. Ich habe auf die verschiedenen Ansichten als für meine Arbeit von keinem Belang nicht einzugehen, sondern hebe nur Folgendes hervor:

Die meisten Forscher (L. 45, 74) nehmen an, dass der Theegerbstoff mit dem Tannin der türkischen Gallen identisch oder nahe verwandt ist. Bekanntlich wurde dieses bis vor kurzem für Digallussäureanhydrid gehalten. Nach den neuern Untersuchungen von Günther (L. 38), Schiff (L. 95; 96), Walden (L. 121) ist das zum mindesten zweifelhaft geworden, so dass damit auch unsere Kenntnisse über den Gerbstoff des Thees höchst unsicher geworden sind. (L. 27.) Es wurde auch eine zweite Art Gerbstoff im Thee angenommen, die Boheasäure, deren Existenz wieder angezweifelt wird. (L. 29, II. Bd., S. 1037.)

Ich hatte mich mit dem chemischen Studium des Gerbstoffes nicht zu beschäftigen, habe aber konstatiert, dass derselbe Fehlingsche Lösung reduziert, also offenbar glykosidischen Charakter hat. Da das für denjenigen Gerbstoff, der mit dem Digallussäureanhydrid verglichen wurde, ausgeschlossen ist, so dürfte daneben tatsächlich ein zweiter glykosidischer Gerbstoff vorhanden sein. Den für meine Versuche verwendeten Gerbstoff hatte ich mir in gewohnter Weise dargestellt, indem ich den Wasserauszug mit Bleiacetat fällte, den Bleiacetatniederschlag mit $SH_2$ zerlegte und das Filtrat eindampfte.

Am wichtigsten war es für mich, eine Methode zu haben, den Gerbstoff mit leichter Mühe quantitativ zu bestimmen. Nach verschiedenen Versuchen entschied ich mich für die Kupferacetatmethode nach Fleck. (L. 27.)

Bestimmung des Gerbstoffes nach Fleck.

2 gr Thee werden dreimal je ½—1 Stunde mit je 100 cm³ Wasser ausgekocht, die heiss filtrierten, vereinigten Auszüge zum Sieden erhitzt und der Gerbstoff gefällt durch Zusatz von 20—30 cm³ Kupferacetatlösung. Der Niederschlag wird abfiltriert, wobei das Filtrat infolge von überschüssigem Kupferacetat grün erscheinen muss, mit heissem Wasser ausgewaschen, getrocknet und im Porzellantiegel geglüht. Nach dem Erkalten wird etwas $HNO_3$ zugesetzt, um alles Kupfer in Oxyd überzuführen, wieder geglüht und gewogen 1 gr $CuO$ = 1,3061 gr Gerbstoff.

Folgender von mir angestellte Vorversuch möge die Genauigkeit der Methode beleuchten. Ich fand bei Versuchen mit demselben Thee

| | | |
|---|---|---|
| | 13,75 % | Gerbstoff |
| | 13,47 % | „ |
| | 13,65 % | „ |
| | 13,41 % | „ |
| Mittel | 13,57 % | „ |

Wahrscheinlichkeitsfehler ± 0,066.

Digitized by Google

Der aromatische Geruch des Thees wird bedingt durch ein ätherisches Öl, als dessen Hauptbestandteile Methylalkohol, Methylsalicylat, Salicylsäure, Aceton und ein Alkohol $C_6H_{12}O$ bekannt geworden sind. (L. 91.)

Das ätherische Öl präexistiert in den frischen Blättern nicht; sie sind geruchlos und schmecken nicht aromatisch. Das ätherische Öl entsteht erst bei dem Fermentationsprozess, offenbar durch Hydrolyse aus glykosidischer Bindung. (L. 99, 100.)

Ich erinnere daran, dass diese Art des Vorkommens von Methylsalicilat im Pflanzenreiche nicht selten ist. Gaultheria procumbens Linn., Betula lenta L. (L. 86) und viele Polygalaceen verhalten sich ebenso. (L. 15, 59, 21.)

Ich habe 50 gr frischer Theeblätter der Destillation mit Wasserdämpfen unterworfen, das Destillat ausgeäthert, den Äther verdunsten lassen, aber keine Spur eines aromatischen Stoffes erhalten.

Ich muss jetzt zum Koffeïn zurückkehren. Wie ich schon oben andeutete, wird im Handelsthee ein Teil davon frei, ein Teil gebunden vorgefunden. Das ist eine Erscheinung, die man bei den koffeïnhaltigen Genussmitteln ganz allgemein beobachtet und welche den Untersuchern seit langer Zeit aufgefallen ist. Man war ziemlich allgemein der Ansicht, dass das gebundene Koffeïn in der Pflanze sich in Form eines kompliziert gebauten Glykosides befinde, welches bei der Hydrolyse Koffeïn, Glykose und Gerbstoff liefert, welch letzterer, wenn er selbst glykosidischen Charakter hat, dann weiter ebenfalls Glykose und wasserunlösliches Phlobaphen liefert. Diese Ansicht ist speziell für den Kakao ausgesprochen worden und für die Kolanuss, in welcher man ein Glykosid, Kolanin annimmt, welches bei der Hydrolyse in Koffeïn, Glykose und Kolarot zerfallen soll.

Wir wissen von mehreren dieser Genussmittel jetzt, dass diese Ansicht nicht richtig ist und dürfen die Vermutung aussprechen, dass das für alle zutrifft. Wir müssen nämlich annehmen, dass das Koffeïn ursprünglich einfach als Tannat vorhanden ist. Das ist zuerst von Karl Dieterich (L. 23) für die Kolanüsse gezeigt worden. Im pharmazeutischen Laboratorium des eidgenössischen Polytechnikums hat es Herr Theiler für Guaraná nachgewiesen. Bei beiden wird, wenn man die isolierte Koffeïnverbindung hydrolysiert, kein Zucker erhalten, da die Gerbstoffe nicht glykosidischen Charakter haben. Die gegenseitige Ansicht vom Vorhandensein eines Glykosides konnte leicht entstehen, wenn der in der Droge enthaltene Gerbstoff glykosidisch ist und Zucker abspaltet. Dass das beim Thee der Fall ist, habe ich schon oben (S. 326) gezeigt. Dass in diesem Falle der die Reduktion der Fehlingschen Lösung bewirkende Zucker dem Gerb-

Digitized by Google

stoff angehört, geht daraus hervor, dass ich ihn aus dem mit Bleiacetat ausgefälltem und mit $SH_2$ in Freiheit gesetzten Gerbstoff erhielt.

Da in den Theeblättern der Gehalt an Gerbstoff gegenüber demjenigen von Koffeïn ein ausserordentlich hoher ist, da aber weiter in dem fertigen Thee ein grösserer oder geringerer Teil des Koffeïns frei ist, so lag der Gedanke nahe, dass ursprünglich im Theeblatt alles Koffeïn wohl an Gerbstoff gebunden ist und erst bei der Verarbeitung zu grünem, resp. schwarzem Thee teilweise in Freiheit gesetzt wird. Dass durch ähnliche Operationen, wie sie mit dem Thee vorgenommen werden, der Gehalt an freiem Koffeïn sich erhöht und der an gebundenem sich vermindert, hat bereits K. Dieterich (L. 23) für die Kolanuss angegeben. Er fand z. B. in getrockneten Nüssen rund 64 % freies und 36 % gebundenes Koffeïn, in gerösteten 70 % freies und 30 % gebundenes.

Dass die Frage nach der Menge freien und gebundenen Koffeïns mit Bezug auf die Wirkung des Thees und der anderen Genussmittel von Wichtigkeit ist, habe ich schon oben angedeutet (S. 297). Ich stellte mir also zur Aufgabe, vom frischen Theeblatt ausgehend, das Verhältnis von freiem zu gebundenem Koffeïn durch alle Phasen bei der Verarbeitung des schwarzen Thees festzustellen. Das Material, welches ich verwenden konnte, stammte zum kleinen Teil von der Isola Madre im Langensee und aus den Gärten der Herren Fratelli Rovelli in Pallanza, zum grösseren Teil aus dem botanischen Garten zu Pavia, wo sich eine kräftig gedeihende Anpflanzung von Thee befindet. Ich benutze mit Freuden die Gelegenheit, Herrn Professor Briossi in Pavia, Herrn Dr. Rovelli in Pallanza und Herrn Farino, Obergärtner auf der Isola Madre, meinen Dank auszusprechen für die Überlassung des wertvollen Materiales. Es wäre mir ohne dasselbe nicht möglich gewesen, diesen wichtigen Teil meiner Arbeit durchzuführen. Ganz besonders habe ich auch Herrn Prof. Dr. C. Schröter zu danken für seine freundliche Vermittlung bei Bezug dieses Materiales.

Ich darf darauf hinweisen, dass früher nur von Schulte im Hofe, aber leider mit ungenügenden wissenschaftlichen Hülfsmitteln etliche Versuche in Indien selbst ausgeführt worden sind. Ich habe auf seine Arbeit nachher einzugehen.

Von Wichtigkeit war die Entscheidung für mich, welche Methode zur Bestimmung des Koffeïns ich anzuwenden haben werde. Es gibt in der Literatur über 70 verschiedene Bestimmungsmethoden für das Koffeïn, ein schlagender Beweis dafür, wie unbefriedigend die meisten derselben sein mussten. Ich will nur anführen, dass Mulder, von dem eine der ältesten Methoden zur Bestimmung des Koffeïns stammt, in einer Reihe von Theemustern 0,43 bis 0,65 % Koffeïn fand, Paul und Cownly dagegen 3,22 bis 4,66 %. (L. 53.)

Digitized by Google

Nach kritischer Durcharbeitung der verschiedenen Methoden (L. 23, 31, 66, 10, 80) war es für mich kein Zweifel, dass ich mich der Methode von C. C. Keller (L. 53) anzuschliessen haben würde, die, was Sicherheit und Schnelligkeit der Ausführung anbelangt, zur Zeit alle andern überflügelt, und welche daher, abgesehen von verschiedenen Modifikationen, die von Linde (L. 66), Panchaud (L. 80), Beitter (L. 10) und anderen mehr vorgeschlagen sind, zur Zeit allgemeine Anerkennung findet. Sie war mir auch deshalb besonders willkommen, weil sie gestattet, mit Leichtigkeit freies Koffeïn und Gesamtkoffeïn nebeneinander zu bestimmen.

Die angewandte Methode, um das Totalkoffeïn im fertigen Thee zu bestimmen, war folgende. (L. 29, Bd. I, S. 908—915.)

In einen weithalsigen Scheidetrichter gibt man 6 gr unzerkleinerte getrocknete Theeblätter und übergiesst mit 120 gr Chloroform. Nach einigen Minuten, d. h., nachdem das Chloroform den Thee durchtränkt hat, gibt man 6 cm³ Ammoniakflüssigkeit hinzu und schüttelt während einer halben Stunde kräftig um. Nachdem die Lösung durch 5—6stündiges Stehen klar geworden, lässt man 100 gr Chloroform (= 5 gr Thee) durch ein kleines, mit Chloroform benutztes Filter in ein Kölbchen abfliessen und destilliert das Chloroform auf dem Wasserbade ab. Den Rückstand übergiesst man mit 3—4 cm³ absolutem Alkohol, den man im Wasserbade wegkochen lässt, um Reste des Chloroforms zu beseitigen. Zur Reinigung dieses mit Fett, Wachs und Chlorophyll verunreinigten Rohkoffeïns übergiesst man den Inhalt auf dem Wasserbade mit einer Mischung von 7 cm³ $H_2O$ und 3 cm³ Alkohol, worauf das Koffeïn beim Umschwenken fast momentan in Lösung geht. Dann gibt man noch 20 cm³ Wasser hinzu, verschliesst das Kölbchen und schüttelt kräftig um, wobei das Chlorophyll etc. sich zusammenballt. Die Lösung wird durch ein kleines, mit $H_2O$ benetztes Filterchen gegossen, Kölbchen und Filter mit 10 cm³ $H_2O$ nachgespült, das Filtrat im tarierten Glasschälchen verdampft, eine Stunde im Dampftrockenschranke bei 95—97° getrocknet und gewogen.

Bei dieser Methode löst sich selbstverständlich das freie Koffeïn in Chloroform und das als Tannat vorhandene wird in Freiheit gesetzt und ebenfalls gelöst. Das erhaltene Koffeïn ist im günstigsten Falle schön weiss, sonst schwach gelblich, einige Male schwach grünlich. Diese Differenz in der Farbe war immerhin eine Veranlassung zu prüfen, wie weit die Resultate übereinstimmten.

Mit grosser Sorgfalt wurden für zwei Versuchssorten von Thee je vier Analysen durchgeführt und folgende Resultate erhalten:

%-Gehalt auf Trockensubstanz berechnet.

| | I. Versuchsthee. | | | II. Versuchsthee. | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Koffeïn | Differenz vom Mittel | | Koffeïn | Differenz vom Mittel |
| a) | 3,516 | — 0,069 | a) | 3,876 | — 0,029 |
| b) | 3,452 | — 0,133 | b) | 3,935 | + 0,030 |
| c) | 3,705 | + 0,120 | c) | 3,883 | — 0,022 |
| d) | 3,668 | + 0,083 | d) | 3,928 | + 0,023 |
| | 3,585 % | Mittel | | 3,905 % | |
| | ± 0,05 | Wahrscheinlichkeitsfehler | | | ± 0,013 |



Digitized by Google

Wie ersichtlich, ist es nicht angezeigt, die dritte Dezimale oder gar noch die vierte angeben zu wollen, wie in manchen Literaturangaben zu finden ist.

Dass die Methode richtig ist, hat Gadamer (L. 31) dargetan durch Kontrollbestimmung mittelst Bildung der Goldsalze und Berechnung des Koffeïns aus dem Gewicht des beim Glühen zurückbleibenden Metalles. Auch Beitter hat durch Verbrennungen die Richtigkeit der Methode bestätigt.

Gegen den Ammoniakzusatz hat sich Gadamer gewendet. (L. 31.) Er hält denselben für überflüssig und glaubt, dass schon der einfache Zusatz von Wasser genügt, um alles Koffeïn in Freiheit zu setzen, wenn man nur lange genug stehen lässt. Ich kann diese Beobachtung nicht bestätigen, denn selbst nach wochenlangem Stehen des Thees mit Chloroform und Wasser und unter häufigem Umschütteln habe ich dasselbe Verhältnis von freiem und gebundenem Koffeïn erhalten, wie nach nur eintägigem Stehen.

Zur Bestimmung des freien Koffeïns wurde der Ammoniak-Zusatz unterlassen und durch Wasser ersetzt.

Das gebundene Koffeïn wurde als Differenz zwischen beiden Angaben ausgerechnet, oder auch nachträglich als Kontrolle direkt bestimmt, nachdem durch Auswaschen mit reinem Chloroform alles freie Koffeïn der Droge entzogen war.

Bei der Bearbeitung von frischem Material mussten selbstverständlich verschiedene Abweichungen getroffen werden:

Eine genau abgewogene Menge des frischen Materials wurde zunächst an Ort und Stelle sofort nach dem Pflücken in Alkohol getan und eine gleich grosse Menge separat zur Bestimmung des Wassergehaltes mitgenommen.

Diese Proben blieben einige Tage in Alkohol stehen, der sich durch Aufnahme von Chlorophyll grün bis braun färbte und durch ein Filter abgelassen wurde; die Theeproben wurden dann im Porzellanmörser je fünf mal mit 50 $cm^3$ absolutem Alkohol verrieben und der Alkohol nach mindestens einstündigem Einwirken abfiltriert. In der letzten Lösung wurde je auf Koffeïn geprüft und dessen Abwesenheit mittels der Murexidreaktion oder der Sublimationsmethode konstatiert. Die vereinigten, neutral reagierenden und mit 20 $cm^3$ Wasser verdünnten Alkoholauszüge wurden zur Syrupdicke eingeengt und direkt mit Chloroform ausgezogen; zuerst ohne Ammoniakzusatz zur Ermittelung des freien Koffeïns, worauf drei mal mit Chloroform nachgewaschen wurde und dann mit Chloroform und $NH_3$ behandelt, wobei das übrig bleibende gebundene Koffeïn in Freiheit gesetzt und aufgenommen wurde. Die weitere Verarbeitung dieser beiden Koffeïnlösungen ge-

Digitized by Google

schah genau zunächst nach der Methode von C. C. Keller. Nur stellte sich dabei heraus, dass die im Alkohol gelösten Verunreinigungen zum grössten Teile in Chloroform übergegangen waren und sehr schwer zu beseitigen waren. Tierkohle darf zur Reinigung nicht benützt werden, da dieselbe selber zu viel Koffeïn zurückhält. Auskrystallisieren aus heissem Wasser und Wiederaufnehmen mit demselben musste 6—8 mal vorgenommen werden, um scheinbar einen genügenden Grad der Reinheit zu erhalten. Kontrollen mit Kjeldahlscher Stickstoffbestimmung dagegen zeigten, dass auch so noch nicht alle Verunreinigungen fortgenommen waren. In der Folgezeit verzichtete ich deshalb auf eine direkte Wägung. Ich nahm den Chloroformrückstand mit heissem Wasser auf und bestimmte darin den Koffeïngehalt durch Überführung des darin enthaltenen N in $NH_3$, das dann durch Basenzusatz und Hitze in eine genau titrierte $\frac{n}{5}$ ClH-Lösung hinübergetrieben wurde, wo dann die überschüssige Säure durch $\frac{n}{5}$ NaOH-Lösung unter Verwendung von Phenolphthaleïn als Indikator bestimmt wurde.

Wie aus den oben (S. 329) mitgeteilten Zahlen hervorgeht, gibt die Kellersche Methode Zahlen, welche für die Praxis völlig ausreichen, die mich aber doch nicht ganz befriedigen konnten, weil ich bei den gleich zu beschreibenden Versuchen oft mit nur kleinen Mengen Thee und diesen entsprechenden kleinen Mengen Koffeïn zu arbeiten hatte, so dass die beim Kellerschen Verfahren unvermeidlichen Differenzen mir zu gross erschienen. Ich habe es daher später vorgezogen, das Koffeïn stets aus der Kjeldahlschen N-Bestimmung zu berechnen. Ich erwähne hier nur diejenigen Versuche, in denen nach dieser letzten Methode gearbeitet wurde.

Ich habe nun kurz die Prozesse der Bereitung des schwarzen Thees zu besprechen. Auf die Herstellung von grünem Thee habe ich leider wegen Mangel an genügendem Material verzichten müssen, sie wäre voraussichtlich viel weniger lehrreich gewesen.

Die Herstellung des schwarzen Thees (L. 11; 101; 104) setzt sich zusammen aus 4 Operationen: das Welken der Blätter; das Rollen der Blätter, das Fermentieren der Blätter und schliesslich das Rösten der Blätter.

**Das Welken der Blätter.**

Es hat den Zweck, dem Thee einen gewissen Teil des Wassers zu entziehen, und dadurch das ursprünglich steife Blatt für die folgende Operation des Rollens geschmeidig zu machen. Gut gewelkter Thee soll beim Zerdrücken mit der Hand kein Knistern hören lassen, das seinen Grund hat im Brechen der steifen Blätter. Die Gewichtsabnahme durch Wasserverlust wird auf 25—30 % angegeben.

Digitized by Google

Ich liess die Blätter entweder direkt am Sonnenlicht welken, oder aber ich stellte sie in einen 35—40° warmen Schrank zum Trocknen. Nach 5 bis 6 Stunden waren sie gewöhnlich schon vollständig reif zum Rollen, was daran erkannt wurde, dass sie beim Zusammendrücken kein Knistern hören liessen und beim Nachlassen des Druckes nicht wieder die ursprüngliche Form anzunehmen bestrebt waren. Auch brachen weder Rippen, noch Stengel, noch Blätter beim plötzlichen Falten, und die ganze, infolge von Phlobaphenbildung aus dem Gerbstoffe bräunlich gewordene Masse fühlte sich an wie alte gewaschene Leinwand. Nachdem Proben entnommen worden waren für Wasser, Koffein und für Gerbstoffbestimmung, wurde direkt angefangen mit dem

**Drehen und Rollen**

der Blätter. Während dieser ziemlich mühsamen Operation, die heute im Grossen durch Maschinen ausgeführt wird, werden die Blätter auf einem sauberen Tische hin und her gerollt, wobei mittels des Handballens ein ziemlich starker Druck auf sie ausgeübt wird. Die Masse wird nach und nach klebrig; der aus den Zellen ausgepresste Saft kommt in Berührung mit Luft, wird aber gleich darauf wieder schwammartig von der Masse aufgesogen, da der Druck bei dem steten Hin- und Herrollen immer wieder seinen Angriffspunkt wechselt. Diese Prozedur wird ungefähr eine halbe Stunde lang durchgeführt, wobei wieder ein gut Teil Wasser verloren geht. Genaue Zahlen darüber habe ich in der Literatur nicht gefunden. Nachdem wieder entsprechende Proben zur Untersuchung entnommen worden waren, wurde der Thee in Leintücher gewickelt und in einen 40° warmen Schrank zur Fermentation gestellt. Diese

**Fermentation**

ist der wichtigste und schwierigste Punkt in der ganzen Behandlung. Denn alle Mühe und Arbeit des Theepflanzers ist verloren, wenn die Gährung nicht richtig verläuft, oder nicht rechtzeitig unterbrochen wird. Ich werde später noch auf diesen Prozess näher zu sprechen kommen.

Nach Ablauf von je 1, 1½ oder 2 Stunden wurden jedesmal 3 neue Proben entnommen und die Fermentation fortgesetzt, bis die meisten Blätter die typisch rostgelbe bis kupferrote Farbe angenommen hatten, ein Beweis dafür, dass die Fermentation richtig verlaufen und beendet war. In 4—6 Stunden war dieser Zustand gewöhnlich erreicht.

**Der Röstprozess,**

dem der übrig bleibende Thee unterworfen wird, besteht darin, dass man den Thee möglichst rasch über einem Kohlenfeuer soweit trocknet, dass durch die Erhitzung und den starken Wasserverlust der Fermentationsprozess völlig unterbrochen wird.

Es galt nun, einen Einblick zu gewinnen in die Vorgänge, die sich bei dieser Theebereitung innerhalb des Blattes abspielen. Wohl finden sich in der Literatur (siehe Tabelle X, Seite 333) schon eine ganze Reihe von Angaben, die diesen Punkt beleuchten sollen, leider beziehen sie sich nur immer auf Untersuchung des frischen und fertigen Thees.

Die Veränderungen während der verschiedenen Phasen sind nur von A. Schulte im Hofe näher und ausführlicher untersucht worden und da er ein ganzes Kapitel (L. 101, Seite 28)„ Studien über das Wesen und den Zweck der

Digitized by Google

Theefermentation" veröffentlicht hat, so kann ich seine Arbeit hier nicht einfach übergehen, um so weniger, als sich meine Arbeit mit derselben Frage zu beschäftigen hat.

Schulte im Hofe geht auf das Koffein gar nicht näher ein, da er ihm eine ganz untergeordnete Rolle bei der Theewertung zuschreibt. Er befasste sich vielmehr mit dem Verhalten des Gerbstoffes und dem wechselnden Säuregehalt der Theeblätter. Dann sucht er sich auch Klarheit darüber zu verschaffen, inwiefern vielleicht Mikroorganismen eine Rolle spielen beim ganzen Prozess.

Leider ist es mir nicht möglich, eine fortlaufende Parallele zu ziehen zwischen seinen Versuchen und den meinigen. Denn erstens spricht er, wie schon gesagt, gar nicht vom Koffein, dem ich hingegen eine grosse Bedeutung beilege, und zweitens hat er bei allen seinen Untersuchungen einen Grundfehler begangen, indem er den, bei der Operation stets abnehmenden Wassergehalt der Theeblätter nicht berücksichtigte. Es leuchtet ein, dass nur dann Resultate verglichen werden können, wenn sie auf Trockensubstanz umgerechnet werden, da ja der Wassergehalt herunter gehen kann von 75 % der frischen Blätter auf 10 %. (Siehe Seite 335).

So findet er zum Beispiel in einem Versuche den Gerbstoffgehalt in frisch gepflücktem Material zu 11 %, nach dem Rollen ist er auf 17 % gestiegen, um beim fertigen Thee wieder auf 12 % zu sinken. Wir hätten es also schliesslich hier zu tun mit einer absoluten Zunahme des Gerbstoffes während der Theebereitung. Es steht dies im Widerspruch mit allen übrigen bisher gemachten Erfahrungen, sowie mit den meinigen. Ein Blick auf folgende Tabelle X möge das illustrieren, wozu noch kommt, dass man für eine Zunahme des Gerbstoffgehaltes während der Theebereitung eine wissenschaftliche Erklärung sich nicht gut denken kann.

Tab. X.

| Namen der Untersucher | Der Gerbstoffgehalt betrug | | |
|---|---|---|---|
| | in frischem unbearbeitetem Material | in daraus hergestelltem schwarzen Thee | grünen Thee |
| | % | % | % |
| Rombourgh (L. 90.) . . . . | 20,5 | 15,2 | 16,8 |
| Kozai (L. 63.) . . . . . | 12,9 | 4,9 | 10,4 |
| Nanninga (L. 74.) . . . . . | 15,7 | 4,4 | — |
| Thee aus Pallanza 1906 . . . | 22,7 | 12,0 | — |
| Thee der borrom. Inseln 1907 . | 24,5 | 8,4 | — |
| Thee aus Pavia 1907 Mai . . | 29,7 | 12,6 | — |
| Thee aus Pavia 1907 Juli . . | 27,4 | 10,4 | — |

Auch sonst scheint er nicht immer mit der nötigen Kritik vorgegangen zu sein. So ist seine Angabe, dass der Thee desto reicher ist an Gerbstoff, je höher der Standort liege, auf dem er gewachsen sei, schon vor ihm durch Hooper (L. 48) widerlegt, der diese spezielle Frage einer genauen Unter-

Digitized by Google

suchung unterzog und aus den Gerbstoffprozenten von 65 verschieden hoch liegenden Gärten zum umgekehrten Resultate gelangt.

Zur Erklärung der nicht zufriedenstellenden Erfolge mag dienen, dass er unter ungünstigen Bedingungen in Indien direkt in Pflanzungen ohne Laboratorium arbeitete.

Ich habe nun zu einer genaueren Erörterung meiner eigenen Versuche überzugehen.

Von den drei wichtigsten Bestandteilen des Thees, dem Koffeïn, dem Gerbstoff und dem ätherischen Öle richtete ich mein Augenmerk auf die beiden ersteren und suchte zu ermitteln, wie sich bei der Verarbeitung das Verhältnis von freiem zu gebundenem Koffeïn gestaltet. Da das Koffeïn sehr wahrscheinlich, wie ich sagte, als Tannat im Thee enthalten ist, so musste ich weiter das Verhalten des Gerbstoffes bei der Verarbeitung prüfen.

Speziell die Fermentation war einer genaueren Untersuchung zu unterziehen, ob es sich dabei um Oxydationsvorgänge und eventuell um Bakterienwirkung handelte. Dem ätherischen Öle konnte ich leider keine Aufmerksamkeit zuwenden, da mein Material durch die vorstehenden Versuche aufgebraucht wurde. Immerhin liess sich mit Leichtigkeit konstatieren, dass der charakteristische Theegeruch allmählich bei der Fermentation auftrat. Dadurch gewann die oben (S. 327) ausgesprochene Ansicht, dass die Hauptbestandteile des Öles ursprünglich in glykosidischer Bindung vorhanden sind und bei der Fermentation durch Hydrolyse in Freiheit gesetzt werden, eine Bestätigung.

Zuerst ein paar Bemerkungen über die Frage, wie viel Koffeïn in den frischen Blättern frei und wie viel gebunden ist. Ich habe oben die Möglichkeit ausgesprochen, dass ursprünglich alles Koffeïn in den lebenden Blättern als Tannat gebunden vorhanden ist.

Herr Apotheker Dersiph hatte 1904 im pharmazeutischen Laboratorium des eidgenössischen Polytechnikums in Blättern aus Pallanza, die zwei Tage vorher gepflückt worden waren, 0,119% freies Koffeïn und 1,19% Gesamtkoffeïn gefunden. Es waren also genau 10% frei. Dieselben Blätter im Trockenschrank getrocknet und wieder untersucht, lieferten 43,8% freies Koffeïn.

Die Zahlen, die ich sofort mitteile, geben in den frischen Blättern einen etwas höheren Gehalt an freiem Koffeïn, nämlich in beiden Fällen 13,6%. Von den Blättern von den borromeischen Inseln hatte ich direkt an Ort und Stelle in Alkohol getan und dann untersucht. S. Tab. XI u. XII.)

Wie also aus den mitgeteilten Zahlen hervorgeht, ist 10—13% Koffeïn in den lebenden Blättern frei vorhanden. Die in Klammern gesetzten Angaben für freies und gebundenes Koffeïn in der letzten

Digitized by Google

Tab. XI. **Thee aus Pavia. Resultate in % der Trockensubstanz.**

| | Wasser | Gerbstoff | Freies Koffeïn | Gebund. Koffeïn | Total Koffeïn |
|---|---|---|---|---|---|
| Sofort nach dem Pflücken . . | 75,27 | 29,70 | 0,58 | 3,66 | 4,24 |
| Nach dem Welken . . . . . | 43,64 | — | 1,55 | 2,68 | 4,23 |
| „ „ Rollen . . . . . | 38,25 | 23,17 | 2,69 | 1,82 | 4,51 |
| „ 2½stündiger Fermentation | 35,57 | 17,26 | 2,72 | 1,39 | 4,11 |
| „ 3½ „ „ | 22,19 | 14,96 | 2,57 | 1,68 | 4,25 |
| Fertiger Thee nach Rösten . . | 9,67 | 12,59 | (3,20) | (1,07) | 4,27 |

Tab. XII. **Thee, gepflückt 1907 auf den borromeischen Inseln.**

| | Wasser | Gerbstoff | Freies Koffeïn | Gebund. Koffeïn | Total Koffeïn |
|---|---|---|---|---|---|
| Sofort nach dem Pflücken . . | 73,55 | 24,55 | 0,61 | 3,88 | 4,49 |
| Nach 4stündiger Fermentation . | 32,96 | 21,0 | 3,87 | 0,54 | 4,41 |
| Fertiger Thee nach Rösten . . | 8,9 | 8,04 | — | — | 4,52 |

Reihe des fertigen Thees von Pavia sind ausgerechnet worden aus dem experimentell allein bestimmten Totalkoffeïn des fertigen Thees. Mangel an Material hatten mir nicht erlaubt darin eine zweite Bestimmung zu machen zur Feststellung des freien Koffeïns. Für diese Ausrechnung wurde die mittlere Verhältniszahl von freiem zu gebundenem Koffeïn im fertigen Thee verwendet, wie ich sie Seite 341 aus einer ganzen Anzahl verschiedener Theemuster als Durchschnittswert erhalten habe; also 75% freies Koffeïn und 25% gebundenes. Die so erhaltenen Zahlen gliedern sich ganz natürlich an die betreffenden Reihen an.

Um das gleichzeitige Schwinden des Gerbstoffes und das Freiwerden des gebundenen Koffeïns deutlicher vor Augen zu führen, habe ich in Tabelle XIII die Zahlen aus Tabelle XI so umgerechnet, dass ich beim Gerbstoffgehalt den höchsten, ursprünglichen Gehalt gleich 100 gesetzt, und die in der senkrechten Kolonne folgenden Zahlen darnach prozentual umgerechnet habe. Ebenso habe ich das gebundene Koffeïn überall prozentual zum Gesamtkoffeïn ausgerechnet. Diese beiden Zahlenreihen nebeneinander gestellt, geben folgendes Bild.

Man sieht also deutlich aus diesen Zahlen, dass in dem Masse, als der Gerbstoff zersetzt wird, auch das Koffeïn in Freiheit gesetzt wird, ein weiterer Beweis dafür, dass das Koffeïn an den Gerbstoff gebunden war.

Digitized by Google

Tab. XIII.

| | Gerbstoff Anfangsgehalt = 100 | Gebundenes Koffeïn prozentual z. Gesamtkoffeïn | Abnahme | |
|---|---|---|---|---|
| | | | an Gerbstoff | an Koffeïn |
| | % | % | % | % |
| Sofort nach dem Pflücken | 100 | 86 | | |
| | | | 22 | 44 |
| Nach dem Rollen . . . | 78 | 42 | | |
| | | | 28 | 3 |
| Nach 3½ stünd. Fermen. | 50 | 39 | | |
| | | | 8 | 14 |
| Fertiger Thee nach Rösten | 42 | 25 | | |

Die Verbindung muss aber eine ziemlich lose sein, denn schon nach dem Welken, speziell nach dem Rollen ist bereits das gebundene Koffeïn auf die Hälfte reduziert.

In alten Blättern aus Pallanza, die einfach getrocknet worden waren, fand ich folgende Werte:

| | |
|---|---|
| Freies Koffeïn . . . . | 0,56 % |
| Gebundenes Koffeïn . . | 0,79 % |
| Gesamtkoffeïn . . . . | 1,35 % |
| Gerbstoff . . . . . | 8,32 % |

Die Menge des nach dem Trocknen freien Koffeïns betrug also 41,5 %. Damit gut übereinstimmend sind Zahlen, die Herr Dersiph erhalten hat bei dem schon oben (S. 334) erwähnten Muster, das im frischen Zustand vom Totalkoffeïngehalt 10 % als freies enthielt. Bei denselben Blättern war nach dem Trocknen der Gehalt an freiem Koffeïn auf 43,8 % gestiegen.

Aus den mitgeteilten Zahlen geht die einigermassen auffallende Tatsache hervor, dass die grösste Menge des gebundenen Koffeïns, wie ich schon sagte, durch das Welken und Rollen in Freiheit gesetzt wird, dass das freie Koffeïn durch das Fermentieren nur noch steigt um 3 %, dass dann aber weiter das Rösten scharf eingreift und durch dasselbe weitere 16 % in Freiheit gesetzt werden.

Beim Gerbstoff ist der Verlauf ein etwas anderer. Es verschwinden durch das Welken und Rollen 22 % (gegenüber 44 % geb. Koffeïns); durch das Fermentieren 8 % (gegenüber 3 % Koffeïn) und durch das Rösten schliesslich 8 % (gegenüber 14 % Koffeïn).

Der Deutlichkeit halber trage ich diese Zahlen als beigefügte Kurve vor. (Siehe Abbildungen am Schlusse der Abhandlung).

Man sieht, dass die Prozesse, was das Koffeïn und den Gerbstoff anbetrifft, freilich nicht völlig parallel verlaufen; dass aber zum Schluss annähernd dieselben relativen Mengen Gerbstoff verschwunden sind (58 %), wie Koffeïn in Freiheit gesetzt wird (61 %).

Digitized by Google

Beim Welken und Rollen wird ein erheblicher Teil des Koffeïns in Freiheit gesetzt, offenbar durch Fermentwirkung im Blatt; aber die entsprechende Menge Gerbstoff wird nicht sofort zersetzt, sondern hier greift erst der Fermentationsprozess ein.

Welches Bild haben wir uns nun zu machen, von dem Verhalten des Koffeïns in der Pflanze? Ich muss da zurückgreifen auf die Resultate, die durch die in den vorhergehenden Kapiteln bei den mikroskopischen und physiologischen Betrachtungen zu Tage gefördert worden sind.

Bei den mikroskopischen Untersuchungen haben wir gesehen, dass überall da, wo Koffeïn nachgewiesen wurde, sich auch Gerbstoff befand, und umgekehrt, wo Gerbstoff vorlag, auch Koffeïn nachgewiesen wurde mit Ausnahme des Wurzelholzes, welches uns hier nicht interessiert.

Da wir in der lebenden Pflanze freies Koffeïn finden, so ist dies nur dadurch zu erklären, dass in den Zellen Koffeïn dem Gerbstoff gegenüber sich im Überschuss befindet.

Die physiologischen Erläuterungen haben gezeigt, dass Koffeïn ein Abbauprodukt darstellt; dass es an Menge zunimmt, wenn gleichzeitig der Albumingehalt abnimmt und niemals umgekehrt. Es scheint sich also bei der Zersetzung der Eiweisstoffe zu bilden und dann mit dem Gerbstoff des Zellsaftes eine lose Verbindung einzugehen. Wie diese beim Theebereitungsprozess zersetzt wird, haben wir oben gesehen.

Es bleibt noch ein Wort über den Gerbstoff zu sagen. Ich habe oben die Ausdrücke gebraucht, er verschwindet oder wird zersetzt. Das ist so zu verstehen, dass er, wenn er glykosidischen Charakter hat, durch hydrolytische Spaltung in wasserunlösliches Phlobaphen von roter Farbe übergeht, wie das ja bei so vielen Gerbstoffen zu beobachten ist. Einen sehr deutlichen Beweis für die Phlobaphenbildung haben wir in der kupferroten Färbung der Blätter, die beim Fermentieren auftritt. Ich sagte schon oben, dass bei diesem Prozess ein verhältnismässig sehr hoher Prozentsatz von Gerbstoff zersetzt wird.

Wie das Verhältnis beim fertigen Thee vorliegt, habe ich an einer Reihe von Theesorten untersucht. Dieses Versuchsmaterial war von Prof. Dr. C. Schröter aus China und von Herrn Dr. Wehrli aus Hinterindien mitgebracht worden; ein Teil stammt auch aus der pharmazeutischen Sammlung des eidgenössischen Polytechnikums.

Es mögen hier die Muster kurz beschrieben und numeriert werden, so dass ich mich in Zukunft nur immer auf die entsprechenden Nummern berufen werde. Ausser dem allgemeinen Aussehen der Muster teile ich auch die durchschnittliche Grösse der aufgeweichten Blätter mit, welche ja, wie bekannt, für den Wert des Thees von

Digitized by Google

grosser Bedeutung ist. Die angegebenen Grössen sind Durchschnittswerte von 20—30 aufs Geratewohl herausgenommenen Blättern. Diese Blattgrössenzahlen haben bei einigen Sorten nur einen verhältnismässigen Annäherungswert, weil in dem Muster überhaupt keine ganzen Blätter aufzutreiben waren. Das Aroma der Sorten war sehr oft stark und fremdartig; es ist ja bekannt, dass der Thee in China vielfach mit fremden Blüten etc. parfümiert wird. Als Parfümierungsmittel finden sich in der Literatur folgende Angaben:

Siparuna Thea A. D. C., Monimiaceæ; Aglaia odorata Lour., Meliaceæ; Thea sassanqua (Thunb.) Nois., Ternstrœmiaceæ; Olea fragans Thunb., Oleaceæ; Ligustrum sinense Lour., Oleaceæ; Jasminum paniculatum Roxb., Oleaceæ; Jasminum Sambac Ait., Oleaceæ; Viburnum odoratissimum Ker-Gawl, Caprifoliaceæ; Gardenia florida L., Rubiaceæ; Chloranthus inconspicuus Blanco, Chloranthaceæ; Magnolia fuscata Andr., Magnoliaceæ; Illicium verum Hook., Magnoliaceæ; Iris florentina L., Iridaceæ; Citrus spec., Rutaceæ; Curcuma spec. Zingiberaceæ.

Die bei der Numerierung in Klammern angeführten Zahlen deuten auf die entsprechenden Nummern der Sammlung hin.

## A.

### Chinesische Thees.

Nr. 1. (685) Sorgfältig zu kleinen regelmässigen Kugeln von 1 mm Durchmesser gerollter grüner Thee. (Schiesspulverthee.) Aroma angenehm. Asche zu hoch, weil mit Sand beschwert. Durchschnittslänge der Blätter 21,3 mm; Durchschnittsbreite derselben 10,9 mm.

Nr. 2. (687) Sorgfältig, unregelmässig zu kleinen Kugeln von 1 mm Durchmesser gerollter grüner glänzender Thee. (Schiesspulverthee.) Durchschnittslänge der Blätter 28,8 mm, Breite 12,4 mm. [Kein ganzes Blatt mehr darin; ebenfalls mit Sand beschwert. Quarzkörner gefunden von 4 mm Durchmesser; von der Asche 43,8% in Salzsäure unlöslich.] Aroma angenehm und stark.

Nr. 3. (1) Sorgfältig zu kleinen regelmässig geformten Kugeln von 2 mm Durchmesser gerollter grüner Thee. (Pillenthee.) Länge der Blätter 19,8 mm, Durchschnittsbreite 6,9 mm. Ohne Stengelteile, mit starkem Aroma.

Nr. 4. (2) Fein gerollter, zerbröckelter, aber staubfreier grüner Thee mit starkem Aroma. Blattgrössenbestimmung unsicher; Durchschnittslänge 10,2 mm, Durchschnittsbreite 5,0 mm.

Nr. 5. (7) Schöner, sehr feiner, fast aus lauter Blattknospen bestehender, sorgfältig bereiteter grüner Thee. Sehr gute Qualität. Aroma stark und vorzüglich.

Nr. 6. (8) Wenig sorgfältig bereiteter Thee, ein Gemisch aus schwarzem und grünem Thee. Durchschnittslänge der Blätter 15,3 mm, Breite 5,9 mm

Schwarze Thees.

Nr. 7. (4) Zu kurzen Stäbchen gerollter schwarzer Thee. Aroma schwach aber angenehm. Blattgrösse aus Blattstücken rekonstruiert, also unsicher; Länge der Blätter durchschnittlich 32,6 mm, Breite 15,7 mm.

Digitized by Google

Nr. 8. (3) Zu 2 cm langen Cylindern gerollter, tiefschwarzer Thee, wenig feines aber starkes Aroma. Durchschnittslänge der Blätter 26,3 mm, Breite 12,1 mm.

Nr. 9. (5) Unregelmässig gerollter Thee mit Stengelstücken, wenig gute Qualität. Aroma stark und angenehm. Durchschnittslänge der Blätter 30,6 mm, Durchschnittsbreite 13,6 mm.

Nr. 10. (10) Sehr unregelmässig zusammengesetzter schwarzer Thee. Schlechte Qualität, Blätter zu gross. Aroma angenehm und nicht sehr stark. Durchschnittslänge der Blätter 33,1 mm, Breite derselben 14,1 mm.

Nr. 11. (6) Ganz unregelmässig gerollter schwarzer Thee mit ziemlich viel Stengelteilen. Aroma ziemlich stark und angenehm. Durchschnittslänge der Blätter 26,6 mm, Durchschnittsbreite 11,6 mm.

Nr. 12. (9) Hauptsächlich aus Stengelstücken bestehender, grober, schlechter, schwarzer Thee, stark mit Blütenknospen durchsetzt. (Kulithee.) Aroma schwach. Länge 33,5 mm, Breite 16,6 mm.

**B.**

In Zürich gekaufte schwarze Thees, die ich häufig zu meinen Versuchen benutzt habe.

Nr. 13. Schwarzer Pekœ-Thee von Ceylon, gute Qualität.

Nr. 14. Schwarzer Thee, fein und sorgfältig gerollt, Herkunft unbekannt.

**C.**

**Thees aus Hinterindien.**

Aus den Shanstaaten in Ober-Burma. Sie werden nach Wehrli (L. 124) auf zweierlei Art präpariert: Entweder als trockener Thee (letpetchauk); oder als nasser Thee (lepet-so-pickeldtea). Die frischen Theeblätter werden in heisses Wasser gebracht, gerollt, gepresst und in mannigfacher Verpackung meist in korbartigen Geflechten in den Handel gebracht. Oft wird er auch in Bambusröhren gestopft. Der nasse Thee wird gekaut oder dient, gewöhnlich mit Salz, Knoblauch und Öl als Beigericht zur Reistafel. Folgende Muster dieses Thees standen mir zur Verfügung:

Nr. 15. (39) In Bambusröhren verpackter, grober Thee, Aroma unangenehm. Dient nur zum Kauen. Wenig gefälliges Äussere. Durchschnittslänge der Blätter 60 mm, Durchschnittsbreite derselben 30,8 mm.

Nr. 16. (40) In Bambusblättern verpackter Thee, die korbartig umflochten sind. Sieht aus wie schwarze Erde, weil teilweise verkohlt. Blattgrösse unbestimmbar.

Nr. 17. (38) Thee zum Kauen; klumpenweise zusammengeballt; grosse, gelbliche Blätter. Aroma wenig angenehm. Durchschnittslänge der Blätter 52,1 mm, Breite 23,4 mm.

**D.**

**Thees aus Blütenknospen des Theestrauches.**

Anscheinend einfach getrocknet. Beide Muster stammen aus Französisch-Cochinchina. Auch über die Untersuchung solcher Knospenthees sind mir in der Literatur Angaben nicht bekannt geworden. Nur in Nr. 49 des Botanischen Zentralblattes 1907 findet sich eine kurze Notiz darüber von Perrot (L. 83), in welcher gesagt wird, dass er schon häufige Verwendung in Frankreich findet und 2,10 bis 2,18% Koffeïn enthält. Folgende zwei Muster davon standen mir zur Verfügung.

Digitized by Google

Nr. 18. „Fleur de Thé du Tonkin. Hanoi 1902."
Nr. 19. „Zweites Muster wie vor. Dieses Muster stammt aus der Kolonialausstellung in Marseille 1906".

Durch die Bearbeitung obigen Materiales erhielt ich folgende, auf Trockensubstanz berechnete Resultate. Tabelle XIV.

Es ist höchst interessant zu konstatieren, dass der aus Blütenknospen bestehende Thee (Nr. 18 u. 19) relativ den niedrigsten Koffeïngehalt aufweist, durchschnittlich 1,2 %. Dieses Koffeïn befindet sich noch zu einem sehr hohen Prozentsatz in gebundenem Zustande, 50—80 %, gegenüber 10—33 % bei allen andern untersuchten Sorten. Es hängt dies offenbar damit zusammen, dass dieser Blütenthee durch einfaches Trocknen der Blütenknospen erhalten wird.

Bemerkenswert ist es weiter, dass in den grünen Thees der Gehalt an gebundenem Koffeïn ganz erheblich niedriger ist, wie bei dem schwarzen. Er beträgt bei den ersteren 11—26 %, durchschnittlich 20,2 % und bei den letzten 21—33 %; im Durchschnitt 27,6 %, ein Beweis, dass die Fermentation des schwarzen Thees nicht so stark zersetzend auf die Koffeïnverbindung einwirkt, wie man a priori annehmen möchte. Es scheint, dass das starke Erhitzen beim Rösten des grünen Thees den Gerbstoff stärker zersetzt. Ich weise darauf hin, dass ich Seite 336 schon gezeigt habe, dass die Hauptzersetzung der Tannatverbindung beim Welken und Rollen stattfindet.

In direkter Übereinstimmung mit dem Verhalten des Koffeïns befindet sich der Gerbstoff, dessen Gehalt entsprechend der grösseren Menge an ihn gebundenen Koffeïns im schwarzen Thee grösser ist wie im grünen. Der Gehalt betrug in letzterem 16—20 %, durchschnittlich 18,3 %, und in ersteren (wobei ich den abnormen Kulithee mit 16,7 % Gerbstoff ausser Acht lasse) 18—24 %, durchschnittlich 20,4 %.

In den hinterindischen Thees von Dr. Wehrli ist der Gehalt an gebundenem Koffeïn am niedrigsten, er beträgt nur 10—13 %. Es ist leicht einzusehen, dass die Art der Behandlung: Kochen und Aufbewahren in nassem gepresstem Zustande, einer Zersetzung der Koffeïnverbindung besonders günstig ist.

Über den Aschengehalt habe ich hier nichts zu sagen; auf diejenigen Sorten, die künstlich beschwert sind, habe ich schon bei der Besprechung der Sorten aufmerksam gemacht.

Ich habe nun weiter die Frage prüfen wollen, ob der Fermentationsprozess auf einer einfachen Oxydation beruhe, wie Schulte im Hofe angibt. (L. 101, S. 95.) Wäre das wirklich der Fall, so würde eine Sauerstoffentziehung den ganzen Prozess, wenn nicht unmöglich machen, so doch sehr weitgehend beeinflussen.

Digitized by Google

Tab. XIV.

| Thee-No. | $H_2O$ % | Total Asche % | Davon unlösl. Asche % zur Gesamtasche | Lösliche Asche % in $H_2O$ Proz. zur Gesamtasche | darauf noch in Cl H Proz. zur Gesamtasche | Gesamt-Koffein | Freies Koffein | Gebund. Koffein | % des gebund. Koffein | | Gerbstoff | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6,32 | 10,28 | 23,71 | 54,23 | 22,06 | 3,06 | 2,45 | 0,61 | 19,8 | 20,2 % | 16,17 | 18,3 % |
| 2 | 5,48 | 10,38 | 43,80 $SiO_2$! | 19,23 | 37,00 | 3,69 | 2,71 | 0,98 | 26,5 | | 18,48 | |
| 3 | 6,12 | 8,17 | 24,70 | 28,14 | 47,16 | 3,26 | 2,89 | 0,37 | 11,1 | | 20,00 | |
| 4 | 6,39 | 7,02 | 11,43 | 47,31 | 41,26 | 3,20 | 2,58 | 0,62 | 19,5 | | 17,72 | |
| 5 | 6,36 | 4,29 | 12,81 | 31,98 | 55,21 | 3,71 | 2,59 | 1,12 | 24,0 | | 19,17 | |
| 6 | 6,12 | 4,85 | 2,88 | 35,82 | 61,32 | 3,40 | 2,30 | 1,10 | 32,5 | 27,6 % | 24,47 | 4,02 % |
| 7 | 8,03 | 5,47 | 9,03 | 66,67 | 34,30 | 3,77 | 2,58 | 1,19 | 31,7 | | 21,57 | |
| 8 | 5,70 | 6,22 | 1,19 | 62,66 | 36,15 | 3,55 | 2,24 | 1,11 | 33,2 | | 20,16 | |
| 9 | 6,61 | 5,98 | 4,50 | 44,87 | 50,63 | 3,52 | 2,41 | 1,11 | 31,2 | | 19,30 | |
| 10 | 6,76 | 6,10 | 7,09 | 73,90 | 22,91 | 3,28 | 2,57 | 0,71 | 21,5 | | 18,36 | |
| 11 | 6,61 | 6,53 | 5,78 | 47,11 | 47,11 | 3,72 | 2,87 | 0,85 | 22,9 | | 22,92 | |
| 12 | 6,96 | 4,93 | 4,68 | 63,29 | 32,03 | 2,02 | 1,57 | 0,47 | 22,0 | | 15,75 | |
| 13 | 7,80 | 5,19 | 2,71 | 62,86 | 34,43 | 3,58 | 3,14 | 0,44 | 12,2 | | 13,57 | |
| 14 | 8,30 | 5,70 | 6,68 | 50,44 | 42,88 | 3,90 | 3,41 | 0,49 | 12,3 | | 13,55 | |
| 15 | 7,48 | 5,58 | 3,20 | 64,32 | 32,38 | 3,97 | 3,48 | 0,49 | 12,3 | 12,0 % | 20,30 | 16 % |
| 16 | 12,73 | 10,28 | 5,92 | 69,20 | 35,88 | 2,26 | 1,81 | 0,53 | 13,3 | | 10,67 | |
| 17 | 9,18 | 4,96 | 6,59 | 70,06 | 23,40 | 2,56 | 2,32 | 0,24 | 10,1 | | 17,30 | |
| 18 | 9,51 | 4,76 | 16,10 | 62,30 | 21,60 | 1,17 | 0,22 | 0,95 | 53 | 66 % | — | |
| 19 | 9,70 | 3,42 | 20,90 | 46,61 | 32,49 | 1,25 | 0,59 | 0,66 | 79 | | — | |
| Mittel | 7,48 | 6,22 | 11,26 | 53,36 | 35,38 | 3,10 | 2,36 | 0,74 | 24 | | 16,29 | |

Digitized by Google

Zu diesem Zwecke verwendete ich einen grösseren, mit zweifach durchbohrtem Deckel verschliessbaren Blechkasten, in dem die enthaltene Luft durch einen ständigen, bis auf den Boden des Kastens geführten Kohlendioxydstrom (aus einem Kippapparate) verdrängt wurde. Die Luft, sowie das überschüssige Kohlendioxyd konnten zur zweiten Öffnung oben entweichen. Da somit das ganze Blattmaterial auch dem Einflusse des Lichtes entzogen war, konnte sich nicht etwa durch Assimilation noch Sauerstoff nachträglich entwickeln. Ich verarbeitete hintereinander zwei Proben aus demselben Materiale; die erste bei gewöhnlichem Luftzutritt, die zweite in der Kohlendioxydatmosphäre bei Ausschluss jeden Sauerstoffes.

Ich erhielt folgende Resultate:

Tab. XV. **Thee aus Pavia 1907.**

| | Wasser | | Gerbstoff | | Freies Koffeïn | | Gebund. Koffeïn | | Total-Koffeïn | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | in Luft | in $CO_2$ | in Luft | in $CO_2$ | in Luft | in $CO_2$ | in Luft | in $CO_2$ | in Luft | in $CO_2$ |
| Sofort nach dem Pflücken | 75,27 | 75,27 | 29,7 | 29,7 | 0,58 | 0,58 | 3,66 | 3,66 | 4,24 | 4,24 |
| Nach dem Welken . . . | 43,64 | 69,03 | — | — | 1,55 | 1,75 | 2,68 | 2,62 | 4,23 | 4,37 |
| „ „ Rollen . . . | 38,25 | 68,19 | 23,17 | 21,49 | 2,69 | 2,21 | 1,82 | 2,07 | 4,51 | 4,28 |
| „ 1 stünd. Fermentation | 38,43 | — | 22,3 | — | — | — | — | — | — | — |
| „ 2½ „ „ | 35,57 | 69,68 | 17,26 | 21,39 | 2,72 | 2,30 | 1,39 | 1,77 | 4,11 | 4,07 |
| „ 3–4 „ „ | 22,19 | 69,15 | 14,96 | 20,72 | 2,57 | 2,65 | 1,68 | 1,65 | 4,25 | 4,30 |
| „ 6 „ „ | — | 68,36 | — | 20,12 | — | 3,02 | — | 1,20 | — | 4,22 |
| Fertiger Thee nach Rösten | 9,67 | 8,71 | 12,59 | 16,4 | (3,20) | (3,03) | (1,07) | (1,01) | 4,27 | 4,04 |

Dem äusseren Aussehen nach verlief in beiden Proben die Fermentation identisch; es war weder eine Verlangsamung im Rotwerden der Blätter zu verzeichnen, noch im allmählichen Auftreten des Aromas.

Die raschere Wasserabnahme des in der Luft verarbeiteten Thees findet seine Erklärung darin, dass er nicht wie die zweite Portion in einem geschlossenen Kasten verarbeitet wurde und somit das überschüssige Wasser in einen viel grösseren Luftraum entsenden konnte. Dazu kommt noch ein beständiger Zufluss von Feuchtigkeit durch das nicht getrocknete Kohlendioxyd.

Weiter zeigt die Tabelle, dass die Spaltung der Koffeïnverbindung sowohl in Luft wie in Kohlendioxyd gleichzeitig vor sich geht. Die geringen Differenzen gestatten keinerlei Schlüsse.

Scheinbar im starken Widerspruch damit steht es, dass bei dem im $CO_2$ fermentierten Thee der Gerbstoffgehalt um 4% höher bleibt.

Digitized by Google

Der Anfangsgehalt betrug 27,9 %; in dem mit $CO_2$ fermentierten sinkt er auf 10,4 %; in dem andern mit Luft fermentierten auf 12,59 %.

Die stärkere Zersetzung bei dem mit Luft fermentierten wird noch deutlicher, wenn man sieht, dass hier der Gerbstoffgehalt nach dem Rollen noch 23,17 % beträgt und durch die Fermentation auf 12,59 % sank, also annähernd auf die Hälfte. Bei dem in $CO_2$ fermentierten betrug er nach dem Rollen 21,49 % und sank nur bis auf 16,4 %. Ich glaube, ich kann diesen Widerspruch leicht erklären.

Wir müssen annehmen, dass die Spaltung der Gerbstoffverbindung des Koffeïns in beiden Fällen gleich verlief, dass nun aber auf die weitere Zersetzung des abgespaltenen Gerbstoffes die Kohlendioxydatmosphäre ungünstig einwirkte.

Um die Fermentation zu erklären, blieben mithin nur noch zwei Möglichkeiten übrig. Entweder waren Mikroorganismen im Spiele, wie wir dies bei sehr vielen Fermentationen beobachten können; oder aber die Fermentation war veranlasst durch Fermente im Theeblatt selbst. Mit Recht weist Schulte im Hofe (L. 101) darauf hin, dass die Bedingungen für eine starke Entwicklung von Bakterien ideale seien, und dass es sehr leicht möglich sein könnte, dass dieselben beim ganzen Prozesse eine hervorragende Rolle spielten. Er hat auch versucht, diese Frage zu lösen, indem er die in Betracht kommenden Mikroorganismen unschädlich machen wollte durch einen Zusatz von Essigsäure. Warum wir aus seinen Versuchen gar keine Schlüsse ziehen dürfen, habe ich schon früher erklärt.

Nun hat P. Waghel (L. 120) die Behauptung aufgestellt, dass eine bestimmte Hefeart bei der Theegärung die einzige Urheberin des angenehmen Aromas ist. Er hat diese Hefeart in allen von ihm untersuchten Theesorten aus China gefunden, soweit es sich um guten Thee handelte; in schlechten Theesorten und auch im kaukasischen Thee fehlte dieselbe jedoch. Waghel hat von dieser Hefeart aber keine Reinkulturen hergestellt und hat sie also auch nicht näher charakterisiert.

Da mir eine ganze Reihe von Theemustern zur Verfügung standen, die direkt aus China stammten, war es zunächst von Interesse, seine Angaben eventuell zu bekräftigen. Ich fand auch in allen guten Theemustern, die ich daraufhin untersuchte, Hefearten auftreten neben viel zahlreicheren Bakterien aller Art. Um sie in Reinkultur zu erhalten, wurde folgendermassen vorgegangen:

Ein Gramm des zu untersuchenden Thees wurde in einem Mörser mit 10 $cm^3$ sterilem Wasser übergossen und mit sterilem Glassand $^1/_4$ Stunde lang verrieben. 1 $cm^3$ der Flüssigkeit wurde abpipettiert in einen mit $H_2O$ aufzufüllenden 100 $cm^3$ Kolben. Daraus wurden nun vier gewöhnliche Gelatine- und

Digitized by Google

vier Agarplatten angelegt in der Verdünnung: $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{10000}$. Schon nach zwei Tagen hatten sich massenhaft Kolonien entwickelt; in der Verdünnung $\frac{1}{1000}$ lagen sie soweit auseinander, dass es leicht war, Reinkulturen anzulegen. Unter dem Mikroskope betrachtet, zeigte sich, dass eine ganze Reihe Bakterienarten, beweglicher wie unbeweglicher, abwechselten mit Hefen und Schimmelpilzen.

Da in allen guten Theesorten Hefen aufgefunden wurden, war bis dahin die Beobachtung von Waghel bestätigt. Ich untersuchte nun eine typisch schlechtere Theesorte aus China (Nr. 9), den Kulithee. Auch sie lieferte anscheinend dieselben Mikroorganismen. Schon daraus schien sich der Schluss ableiten zu lassen, dass dieselben bei der ganzen Theebereitung jedenfalls keine Hauptrolle spielen würden.

Es war weiter interessant zu erfahren, ob sich auf den frischen Blättern der Pflanze nicht etwa schon die typischen, hier in Betracht kommenden Mikroorganismen vorfinden. Um ihnen günstige Existenzbedingungen in Reinkulturen zu bieten, wurden spezielle Gelatine- und Agarnährböden folgendermassen hergestellt:

60 gr frische Theeblätter aus Pavia wurden mit 1100 $cm^3$ $H_2O$ zwei Stunden lang gekocht und dann filtriert. Nach Zusatz der notwendigen Menge von Gelatine, resp. Agar, wurde der noch flüssige Nährboden 20 Minuten lang in den Dampftopf gestellt, daraufhin mit verdünnter Na OH neutralisiert (bis zum Braunwerden von Curcumapapier), nochmals 20 Minuten lang in dem Dampftopf erhitzt, worauf nach Schönen mit Eiweiss direkt in die Gläschen filtriert wurde.

Die zu untersuchenden Theeblätter wurden von mir mittelst steriler Pinzette direkt vom Strauche auf der Isola Madre in bereit gehaltene Petrischalen gelegt und so mitgeführt. Davon wurde 1 gr in sterilem Sand mit 20 $cm^3$ $H_2O$ verrieben und in Verdünnungen $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{1000}$ und $\frac{1}{10000}$ „Theegelatine-“ und „Theeagarplatten“ angelegt. Bei Zimmertemperatur entwickelten sich die Mikroorganismen ziemlich rasch. Zum Vergleich wurden gleichzeitig gewöhnliche Gelatineplatten mit demselben Material aus Isola Madre geimpft und gleich behandelt. Ein Unterschied mit den anderen Platten war nicht zu konstatieren, in beiden entwickelten sich dieselben Formen im selben Verhältnis zu einander. Ich zählte nach gebräuchlicher Methode z. B. folgende Kolonien, umgerechnet pro 1 gr Blatt.

Kolonienzahl pro Grammblatt.

| Auf: | Verdünnung: | | |
|---|---|---|---|
| | $\frac{1}{10}$ | $\frac{1}{100}$ | $\frac{1}{1000}$ |
| „Theegelatine“ . . . . | 36 000 | 150 000 | 320 000 |
| Gewöhnliche Gelatine . . | 40 000 | 175 000 | 360000 |

Digitized by Google

Die zu vergleichenden Zahlen sind praktisch als identisch zu betrachten. Dass sich bei einer Verdünnung von $\frac{1}{10}$ nicht so viel Kolonien entwickeln können als bei einer grössern Verdünnung $\frac{1}{1000}$ liegt auf der Hand, weil im ersten Nährmedium die Kolonien so dicht bei einander liegen, dass sie sich gegenseitig hindern müssen. Auch das makroskopische und mikroskopische Bild der zu vergleichenden Kolonien in den beiden Nährmedien war dasselbe.

Sechs verschiedene Arten schienen fast die Gesamtzahl aller Kolonien auszumachen, jedenfalls nahmen sie den Raum so sehr in Anspruch, dass andere Arten daneben keine Rolle spielen konnten. Ich legte mir Agarstriche davon an, um zum nun zu beschreibenden Versuche Massenkulturen vorrätig zu haben.

Die genauere Charakterisierung, resp. Identifizierung der vorliegenden Mikroorganismen wurde zunächst verschoben; es sollte nämlich vorher bestimmt werden, ob überhaupt diese langwierige Aufgabe hier von Nutzen sein könnte. Der Versuch, der diese Frage entscheiden sollte, wurde folgendermassen angeordnet:

Der eine Teil der zu behandelnden frischen Theeblätter wurde zunächst sterilisiert. Die einzelnen Blätter wurden der Reihe nach beiderseits mit einem mit Sublimatlösung getränkten Wattebausch tüchtig 4—5 mal abgerieben, das $HgCl_2$ dann entfernt durch genügendes Waschen und spülen mit sterilem Wasser. Diese sterilisierte Partie wurde der gewöhnlichen Theeverarbeitung unterzogen, nur dabei stets jede Möglichkeit von Bakterienzufuhr verhindert. Es hat keinen Zweck hier alle Vorsichtsmassregeln zu beschreiben, die zu diesem Ziele führten. Ich will nur erwähnen, dass ich selbstverständlich die Blätter bei den verschiedenen Operationen nur mit sterilen Händen berührte und dass sie nur in vorher sorgfältig sterilisierte Gefässe kamen.

Der andere Teil der Theeblätter, der die ihm natürlich anhaftenden Mikroorganismen behielt, wurde umgekehrt noch mit einem Gemisch von aufgeschwemmten Reinkulturen der sechs vorhin erwähnten Mikroorganismen mittelst eines feinen Verstäubers beiderseits geimpft und ebenfalls der Theebereitung unterworfen.

Ich erhielt dabei folgende Resultate:

Der Gerbstoffgehalt betrug ursprünglich 27,4 %; am Schlusse der Versuche bei den sterilisierten Blättern 11 %; bei den mit Bakterien behandelten 10,4 %. Es ist also kein nennenswerter Unterschied vorhanden.

Der Gesamtgehalt an Koffeïn wurde am Ende der Versuche bei den sterilisierten Blättern zu 4,23 %, bei den nicht sterilisierten



Digitized by Google

Blättern zu 4,20 % gefunden. Der Gehalt an freiem Koffeïn betrug bei dem ersten 3,56; bei den letzteren 3,02. Er war also bei den sterilen Blättern sogar etwas höher, ein deutlicher Beweis, dass die Mikroorganismen keine Rolle bei der Fermentation spielen. Überhaupt verlief diese in beiden Proben völlig normal. Wie immer trat nach und nach die typische rötliche Färbung der Blätter auf, auch das Aroma entwickelte sich gleich.

Es war hiermit klar gestellt, dass die ganze Fermentation, auch die Bildung des Aromas nichts zu tun hat mit der Tätigkeit von Mikroorganismen. Ich habe deshalb darauf verzichtet, weitere Untersuchungen auf bakteriologischem Gebiete zu machen.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, den Herren Dr. Burri, früher Professor für landwirtschaftliche Bakteriologie am eidg. Polytechnikum, sowie dessen Nachfolger, Dr. M. Düggeli, meinen besten Dank auszusprechen für ihre geschätzte Mithülfe bei der Behandlung dieses Kapitels.

Ich bin mir wohl bewusst, dass meine Annahme, die auf den Theeblättern in Pavia lebenden Organismen müssten dieselbe Wirkung haben, wie die auf den chinesischen lebenden, ziemlich willkürlich ist. Wurde doch zum Beispiele in einem ganz analogen Fall behauptet, dass der Tabak von Havana seine vorzüglichen Eigenschaften nur den auf ihm lebenden Organismen verdankt. Man hat sogar Versuche gemacht, durch Impfung mit diesen havanesischen Mikroorganismen anderswo gewachsenen, minderwertigen Tabak bei der Fermentation zu veredeln, aber soviel ich weiss, keine positiven Resultate damit erzielt.

Wenn ich auch, wie ich schon sagte, von einem genaueren Studium der auf dem chinesischen und der auf dem Thee von Pavia lebenden Organismen Abstand nahm, so habe ich doch konstatieren können, dass beim Betrachten im Mikroskope und dem Verhalten auf den gebräuchlichsten Nährmedien, mindestens vier Arten in beiden Fällen identisch zu sein schienen. Ich würde trotzdem die Versuche mit aus chinesischen Blättern gewonnenen Mikroorganismen fortgesetzt haben, wenn ich noch frisches Material aus Pavia für dieselben hätte haben können. Meine Versuche nach dieser bakteriologischen Richtung hin können nicht den Anspruch erheben, abschliessend zu sein, zeigen aber doch wohl zweifellos, dass der Prozess unter Ausschluss der Bakterien oder sonstiger Mikroorganismen völlig normal verläuft, so dass der oben schon ausgesprochene Schluss, dass den Mikroorganismen kein Anteil an der Fermentation zukommt, einstweilen gerechtfertigt erscheint.

Sehr willkommen war mir deshalb eine bestätigende Notiz von Katayama (L. 52), die mir kurz vor der Drucklegung dieser Arbeit zu Gesichte kam. Derselbe beobachtete bei allen seinen Versuchen die typischen Fermentationserscheinungen an Blättern, die zuerst durch 4stündiges Liegen in Äther, oder in Alkohol, oder in Chloroform sterilisiert worden waren. Auch vorheriges 24stündiges Liegen in 4%iger Kresollösung, oder 20stündiges Liegen in 1%iger $HgCl_2$ lösung vermochten keinen Einfluss auf den Verlauf der Fermentation zu haben; das Aroma trat trotzdem auf und kann also nicht durch Bakterien verursacht sein, sondern muss durch gewisse Enzyme im Blatte selbst hervorgebracht werden.

Digitized by Google

Da nun der Prozess der Fermentation kein Oxydationsprozess ist, auch nicht an Tätigkeit von Mikroorganismen gebunden zu sein scheint, bleibt als einzige Erklärungsmöglichkeit, die Tätigkeit von Enzymen oder Fermenten anzunehmen. In der Tat ist dieser Weg auch schon erfolgreich betreten worden.

A. W. Nanninga (L. 73) schliesst aus einem Versuche, wo bei den, durch schnelles und vollständiges Trocknen über Kalk abgetöteten Theeblättern die typischen Fermentationserscheinungen — Entstehung des Aromas und Rotfärbung der Blätter — durch einfache Wasserzufuhr hervorgerufen werden konnten, dass die Theefermentation ein Vorgang ist, an welchem das lebende Protoplasma nicht beteiligt ist. Es soll dabei ein Ferment in Betracht kommen. Dieses Ferment ist auch wirklich isoliert worden von K. Aso (L. 4) und dessen Wirksamkeit durch einwandfreie Versuche klargelegt worden. Nach ihm verdankt die grüne Varietät des Handelthees ihre Farbe der sofortigen Zerstörung dieser Oxydase bei der Theebereitung. Die Blätter werden bekanntlich vor der Verarbeitung kurze Zeit auf 100° erhitzt.

Später entdeckte derselbe Verfasser ein zweites Ferment (L. 3), das hauptsächlich reduzierende Wirkungen ausüben soll, und das er „Jaquenase" nennt. Diese scheint identisch zu sein mit der von Lœw im Tabak nachgewiesenen „Katalase" (L. 67).

Ob bei der Theebereitung ein oder mehrere Fermente einwirken, ist noch unklar. Wir haben keine Möglichkeit eines zu zerstören, ohne das andere in seiner Wirksamkeit zu beeinträchtigen. Ich habe nach dieser Richtung hin leider gar keine Versuche machen können, da mein spärliches und schwierig zu beschaffendes Material das nicht zuliess.

## V. Kapitel.

### Über die Möglichkeit einer Einführung der Theekultur in das insubrische Gebiet.

Der grösste Teil meiner Arbeit ist nur möglich geworden dadurch, dass ich frische Theeblätter aus Pavia, aus Pallanza und von den borromeischen Inseln beziehen konnte. Die beiden letzten Lokalitäten liegen nahe an der Schweizer Grenze. Die Theesträucher gedeihen hier völlig normal. In Pallanza bringen sie häufig reife Früchte, was noch viel mehr der Fall ist in Pavia, wo die abgefallenen Früchte direkt unter den Sträuchern keimen. Ebenso besitzt der gewonnene Thee, wie ich Seite 335 gezeigt habe, eine solche Beschaffenheit, dass er zum Genuss durchaus brauchbar erscheint. Dies und die Tatsache,

Digitized by Google

dass einzelne Theesträucher in den Gärten von Lugano, Locarno und auch wohl sonst noch im schweizerischen insubrischen Gebiete gut gedeihen, veranlasste mich die Frage zu prüfen, ob eine Kultur des Theestrauches im südlichen Tessin, an den Gestaden des Langensees und Luganersees klimatisch möglich sei. Meine Hauptaufgabe musste es hiebei sein, die klimatischen Bedingungen des Gebietes mit denen anderer, wo Thee im Grossen gewonnen wird, zu vergleichen, um daraus Schlüsse zu ziehen.

Dank der weitgehenden Organisation der meteorologischen Anstalten, die wirklich vergleichbare Daten liefern, weil sie alle nach denselben, international festgelegten Bestimmungen arbeiten, sind wir heute mit einiger Wahrscheinlichkeit imstande, im voraus angeben zu können, ob eine Pflanze das Klima eines Gebietes, in welches sie eingeführt werden soll, auch wirklich wird ertragen können und dies auch ohne direkten experimentellen Versuch. Ob sich aber dann die betreffende Kultur auch finanziell lohnen wird, ist natürlich eine andere Frage, die von weiteren Faktoren (Arbeitskräften etc.) abhängig ist, und nur durch das praktische Experiment entschieden werden kann.

Da die geographische Lage in erster Linie das Klima eines Landes bedingt, werden wir zum Vergleiche nur die nördlichst gelegenen Theekulturgebiete heranziehen, weil sich das in Betracht kommende insubrische Gebiet nach Norden bis zum 45. Breitengrade erstreckt.

Auf den ersten Blick mag ja unser, in bezug auf die Hauptproduktionsländer des Thees viel weiter nördlich gelegenes Gebiet durch diese Lage allein schon den Gedanken an die Unmöglichkeit der Kultur des Thees erwecken, erstreckt sich doch dessen Produktionsgebiet in China und Japan nicht über den 38. Breitengrad. Weiter nach Norden hin, lohnt sich dort die Kultur nicht mehr. Daraus lässt sich aber nicht unbedingt der Schluss ziehen, dass dies überall zutreffen müsse, haben wir doch ein von Jahr zu Jahr wachsendes Theekulturgebiet am schwarzen Meere bei Batum (L. 2), das schon weit über den 40. Grad hinausreicht und trotz der pessimistischen Voraussage von H. Stade (L. 103) so gute Erträge liefert, dass es von Jahr zu Jahr vergrössert wird. Dies ist bedingt durch die sehr günstige klimatologische Lage jenes Gebietes.

Aber auch das zu untersuchende insubrische Gebiet weist eine Reihe von Faktoren auf, die das Klima günstig beeinflussen müssen. Erstens ist die Exposition desselben eine sehr gute: das Land ist einem grossen Wärmekasten vergleichbar. Durch den mächtigen Alpenkamm vor kalten Nordwinden geschützt, hat es eine um

Digitized by Google

2—3 Grad höher liegende Jahrestemperatur als es normalerweise haben sollte. Zweitens gleichen die Seen Tages- und Jahresamplituden aus; weiter ist das ganze Gebiet nicht abgeschlossen nach Süden; wir haben keine Mulde, in der sich die nachts heruntersteigende kalte Luft zu einem Kaltluftsee stauen könnte, im Gegenteil bilden die abfliessenden Flüsse eine grossartige Drainage nach der Poebene hin. Endlich bedingt das nahe gelegene hohe Gebirge zahlreiche und ergiebige Niederschläge, trotz der relativ grossen Küstenferne.

Es lässt sich dieses Gebiet sehr gut vergleichen mit dem von Batum. Dort herrschen ähnliche günstige Verhältnisse vor; ferner haben wir von dort präzise, klimatologische Daten, wie wir sie aus dem Norden Chinas nur spärlich und ungenügend erhalten konnten. Da das Gebiet von Batum und Umgebung recht analoge klimatologische Verhältnisse aufweist wie der nördliche Teil der Theekulturlandschaft Chinas, so werden wir unsere Daten hauptsächlich mit jenem Gebiete vergleichen können.

Es ist interessant, diese Gleichheit der klimatologischen Verhältnisse Batums einerseits mit denen des nördlichen Chinas anderseits, in denen Thee noch gebaut wird, zu vergleichen. In einem Prachtwerke: „Atlas climatologique de l'empire de Russie" 1900 (L. 5) ist die Unmasse der während 50 Jahren gesammelten klimatologischen Beobachtungen in einer Reihe von 80 Karten zur graphischen Darstellung gelangt, was allein die Übersicht über ein so ungeheueres Zahlenmaterial ermöglichen kann. Ein Blick auf die Isothermenkarte zeigt uns sofort, wie das ganze Gebiet von Batum und Umgebung den Temperaturen nach viel südlicher zu liegen käme. Während z. B. in China die mittlere Jahrestemperatur der verflossenen 50 Jahre auf dem 40. Breitengrade auf 10° zu liegen kommt, so haben wir am Kaukasus auf demselben Breitengrade 16°; auf dem 45. Breitengrad sind die entsprechenden Zahlen 4° und 12°, also ein Unterschied von 8° Celsius zu Gunsten von Batum. Das insubrische Gebiet ist analog ebenfalls stark bevorzugt.

Ein Faktor von grosser Bedeutung für die Pflanzenwelt liegt in der jährlichen Regenmenge und deren Verteilung auf die verschiedenen Monate. Ungünstig für dieses Gebiet des Kaukasus ist die Tatsache, dass das Maximum der Niederschlagsmenge zusammenfällt mit der Zeit der tiefsten Temperatur. Dies hat aber wenig zu bedeuten, da so wie so in Batum die fallende Regenmenge eine bedeutende ist. Das Mittel des Lustrums 1886—1890 ist über 2 m. Im insubrischen Gebiete sind zwar die Niederschläge geringer, dafür aber viel günstiger verteilt.

Für den Thee ist es jedoch bis zu einer gewissen Grenze ziemlich gleichgültig, welche Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Niederschlagsmengen im Winter vorhanden sind. In den nördlichen Gebieten in China und Japan schneien die Theesträucher zuweilen vollständig ein und hie und da ist die Kälte so gross, dass sie durch Decken oder

Digitized by Google

Stroh geschützt werden müssen. Als eigentliche Wachstumszeit kämen für den Thee nur die Monate April bis September in Betracht; nur während dieser Zeit könnte er im insubrischen Gebiete Ernten liefern. Ich habe deshalb die jeweiligen mittleren Daten für diese Zeit von April bis September angegeben für folgende Stationen:

| | Geographische Breite | Meereshöhe |
|---|---|---|
| 1. Niigata [1]) (Japan) . . | 37° 55′ | 26 m |
| 2. Batum (Kaukasus) . . | 42° 89′ | 3,2 m |
| 3. Pavia . . . . . | 45° 11′ | 95 m |
| 4. Lugano . . . . . | 46° 0′ | 275 m |
| 5. Locarno . . . . . | 46° 10′ | 242 m |
| 6. Como . . . . . | 45° 48′ | 212 m |
| 7. Milano . . . . . | 45° 28′ | 147 m |

Bevor ich die Resultate diskutiere, möchte ich noch einem Einwande begegnen. Ich vergleiche nämlich nicht dieselben Jahrgänge miteinander, wohl aber die Mittel eines Lustrums, d. h. einer fortlaufenden Periode von fünf Jahren. Natürlich sind noch Verschiedenheiten zu bemerken zwischen den Mittelwerten von je fünf Jahren; jedoch sind dieselben so gering, dass sie hier unsere Schlüsse nicht beeinflussen können. [2])

Ich werde nun die einzelnen Faktoren vergleichen in folgender Reihenfolge:

1. Lufttemperatur
2. Regenmengen
3. Relative Luftfeuchtigkeit.

Was die nötige Lufttemperatur anbelangt, so liegen in der Literatur schon wertvolle Daten vor. Nach H. Stade (L. 103, S. 93) ist die Theekultur überhaupt nur möglich, wenn die Temperaturen sich in folgenden Grenzen halten: Jahresmittel 11 bis 24°; Temperatur des kältesten Monates 0° bis 21,2°, diejenige des wärmsten Monates von 17,2 bis 32,5°.

Vergleichen wir damit nun folgende Tabelle XVI über die mittleren Lufttemperaturen der verschiedenen Stationen.

Wir sehen, dass das notwendige Jahresmittel von 11° überall etwas, wenn auch nicht viel, überschritten wird. Nun aber beginnt Thea sinensis erst bei 16° mit dem Blattausschlag. (L. 108, S. 290.) Es ist deshalb sehr wichtig zu konstatieren, dass die mittlere Sommertemperatur (April bis September) durchschnittlich 1½—2° höher

[1]) Eine der nördlichst gelegenen Stationen im Theegebiet Japans.

[2]) H. Wild (L. 126) gibt an, dass zur Erreichung einer Genauigkeitsgrenze von 0,25 für Monatsmittel eine 30jährige Beobachtung zu Grunde liegen soll. Für Jahrestemperaturmittel wird in derselben Periode eine Genauigkeit von 0,1 % erreicht.

Digitized by Google

Tab. XVI. **Mittlere Lufttemperaturen.**

| | Niigata (Japan) | Batum | Pavia | Lugano | Locarno | Como | Milano |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Januar . . . | 0,2 | 5,4 | −1,9 | 1,3 | 2,2 | 1,4 | 0,1 |
| Februar . . | 1,1 | 7,2 | 2,3 | 2,5 | 3,6 | 2,7 | 2,4 |
| März . . . | 4,1 | 8,7 | 7,1 | 7,0 | 7,6 | 6,3 | 7,4 |
| April . . . | 10,5 | 11,9 | 12,2 | 11,3 | 12,0 | 12,3 | 11,9 |
| Mai . . . . | 16,1 | 17,5 | 17,7 | 14,6 | 15,1 | 16,1 | 17,2 |
| Juni . . . . | 18,9 | 21,3 | 22,1 | 18,8 | 18,9 | 20,3 | 21,7 |
| Juli . . . . | 20,0 | 23,7 | 22,8 | 21,8 | 21,7 | 21,4 | 23,3 |
| August . . . | 26,3 | 24,5 | 22,6 | 20,6 | 20,6 | 21,1 | 22,8 |
| September . | 22,9 | 21,4 | 18,7 | 16,6 | 16,9 | 18,3 | 19,1 |
| Oktober . . | 16,0 | 17,0 | 12,8 | 10,9 | 11,5 | 12,4 | 12,6 |
| November . . | 9,9 | 12,0 | 6,5 | 5,8 | 6,5 | 6,3 | 6,8 |
| Dezember . . | 4,2 | 9,1 | 0,9 | 2,6 | 3,5 | 1,5 | 1,8 |
| Jahresmittel . | 12,6 | 14,9 | 12,1 | 11,2 | 11,7 | 11,7 | 12,2 |
| Mittel (April–Sept.) | 19,3 | 20,0 | 19,3 | 17,3 | 17,5 | 18,2 | 19,3 |

liegt, als die nach unten zulässige Grenze. Sie beträgt z. B. in Batum 20°, in Pavia und Niigata 19,3°, in Lugano 17,3°, in Locarno 17,5°, in Como 18,2 und in Milano 19,3°. Es kann also durchschnittlich die Temperatur in den angegebenen Orten als eine genügend hohe betrachtet werden.

Ganz zum selben Resultate gelangt man durch einen Vergleich der Temperaturen der wärmsten Monate. Diese sollen, wie schon oben erwähnt, nicht unter 17,2 und nicht über 32,5° gehen. Nun haben im Mittel die heissesten Monate der untersuchten Gegenden folgende Durchschnittstemperaturen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Niigata | 26,3° | Lugano | 21,8° |
| Batum | 24,5° | Locarno | 21,7° |
| Pavia | 22,8° | Como | 21,4° |
| | | Milano | 23,3° |

also alle bedeutend über das zulässige Minimum von 17,2°.

Vergleichen wir die Durchschnittstemperaturen der kältesten Monate:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Niigata | 0,2° | Lugano | 1,3° |
| Batum | 5,4° | Locarno | 2,2° |
| Pavia | − 1,9° | Como | 1,4° |
| | | Milano | 0,1° |

so ergibt sich, dass alle über der zulässigen Grenze von Null Grad liegen, wenn wir von Pavia absehen. (Die dortigen Sträucher werden im Winter gedeckt.) Aber gerade Pavia zeigt, dass die Angaben

Digitized by Google

von Stade nur sehr bedingte Gültigkeit haben können. Wie man sieht, sinkt in Pavia die Temperatur um 1,9° unter Stades untere Grenze. Trotzdem gedeiht dort der Theestrauch vortrefflich und bringt massenhaft reife Früchte hervor, wie ich schon erwähnte. Auch der Koffeïn- und Gerbstoffgehalt dieses Thees ist durchaus zufriedenstellend.

Etwas heikler ist es mit den beobachteten Minimaltemperaturen. Vorübergehende und mässige Fröste erträgt der Theestrauch sehr wohl, denn dieselben treten selbst in den besten Theebezirken auf. In Tokio fällt das Thermometer ohne Schaden bis unter — 6°; dagegen macht ein Sinken auf — 9° in Niigata (Japan) schon künstliche Schutzvorrichtungen nötig. (L. 108, S. 291). Obwohl diese Minimaltemperatur im Laufe der fünf Jahre 1900—1904 in Lugano nur einmal überschritten wurde (— 11°), so war es doch notwendig, hier näher nachzuforschen, wie oft dieser Kardinalpunkt wohl erreicht und überschritten wurde. Die Möglichkeit eines kälteren Winters ist ja nicht ausgeschlossen und könnte verhängnisvoll werden, wie dies bei anderen Kulturen auch wirklich der Fall gewesen ist. So wurde an den Ufern des Langensees und auch des Luganersees bis in die Mitte des 17. Jahrhunderts der Olivenbaum sehr stark kultiviert; ein strenger Winter indessen vernichtete einen grossen Teil dieser Pflanzungen und an den Ufern des Luganersees, hauptsächlich zwischen Locarno und Brissago ging diese Kultur ein, dagegen blühte sie noch bis Mitte des 19. Jahrhunderts am Luganersee. Hier wurde bei Gandria und Castagnola noch bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts Olivenöl gewonnen. (L. 18.) Neben der Ungunst der Witterung soll der Baum wegen der Verwendung seines schönen Holzes zu allerlei Spielereien für die Reisenden vielfach vernichtet worden sein.

Da diese Frage der absoluten Minima hier einen entscheidenden Einfluss haben dürfte, so mögen die tiefsten Monatstemperaturen für Dezember, Januar und Februar für die Station Lugano für eine Reihe von Jahren hindurch (1865 bis 1907) hier angeführt sein. Tab. XVII. Die anderen Stationen des insubrischen Gebietes verhalten sich ganz analog. Lässt man in der Tabelle die Jahrgänge, in denen — 9° erreicht und überschritten wird, hervortreten (1879, 1887, 1888, 1890, 1891, 1893, 1894, 1895, 1901, 1905, 1907), so sieht man, dass allgemein ohne künstliche Schutzeinrichtungen gegen Kälte wohl nicht auszukommen wäre. Ich werde später nochmals auf diesen Punkt zurückkommen.

Betrachten wir nun zunächst die im insubrischen Gebiete fallenden Regenmengen und vergleichen wir sie mit denjenigen der eigentlichen Theegebiete, wo die jährliche Regenmenge schwankt zwischen 1050—5050 mm.

Digitized by Google

Tab. XVII. **Tiefste Temperaturen in Lugano 1865—1905.**

**Absolute Minima.**

| Jahrgang | Januar | Februar | Dezember | Absolute Minima |
|---|---|---|---|---|
| 1865 | — 4,8 | — 4,9 | — 4,2 | — 4,9 |
| 1866 | — 3,0 | — 1,5 | — 3,0 | — 3,0 |
| 1867 | — 5,2 | — 1,3 | — 4,5 | — 5,2 |
| 1868 | — 7,2 | — 2,5 | — 0,5 | — 7,2 |
| 1869 | — 8,7 | — 0,7 | — 8,8 | — 8,8 |
| 1870 | — 7,1 | — 6,7 | — 6,2 | — 6,7 |
| 1871 | — 7,2 | — 5,4 | — 7,7 | — 7,7 |
| 1872 | — 5,2 | — 2,4 | — 2,0 | — 5,2 |
| 1873 | — 3,3 | — 3,2 | — 5,6 | — 5,6 |
| 1874 | — 5,6 | — 6,2 | — 4,4 | — 6,2 |
| 1875 | — 3,3 | — 6,6 | — 5,8 | — 6,6 |
| 1876 | — 4,8 | — 4,8 | — 2,7 | — 4,8 |
| 1877 | — 7,9 | — 4,0 | — 6,8 | — 7,9 |
| 1878 | — 2,6 | — 4,0 | — 4,4 | — 4,4 |
| *1879 | — 5,2 | — 5,2 | — 11,0 | — 11,0* |
| 1880 | — 7,6 | — 3,1 | — 1,0 | — 7,6 |
| 1881 | — 7,8 | — 3,6 | — 4,0 | — 7,8 |
| 1882 | — 2,4 | — 4,0 | — 4,0 | — 4,0 |
| 1883 | — 5,2 | — 1,5 | — 5,6 | — 5,6 |
| 1884 | — 2,6 | — 4,0 | — 4,7 | — 4,7 |
| 1885 | — 6,4 | — 2,0 | — 6,3 | — 6,4 |
| 1886 | — 5,8 | — 5,5 | — 6,4 | — 6,4 |
| *1887 | — 10,0 | — 8,5 | — 8,0 | — 10,0* |
| *1888 | — 7,9 | — 9,0 | — 5,4 | — 9,0* |
| 1889 | — 7,0 | — 6,3 | — 4,7 | — 7,0 |
| *1890 | — 3,3 | — 6,7 | — 9,2 | — 9,2* |
| *1891 | — 11,8 | — 7,5 | — 7,5 | — 11,8* |
| 1892 | — 6,0 | — 4,0 | — 7,0 | — 7,0 |
| *1893 | — 11,0 | — 7,0 | — 8,0 | — 11,0* |
| *1894 | — 9,0 | — 4,5 | — 7,0 | — 9,0* |
| *1895 | — 8,5 | — 11,0 | — 2,5 | — 11,0* |
| 1896 | — 5,0 | — 4,8 | — 3,0 | — 5,0 |
| 1897 | — 7,0 | — 4,0 | — 4,5 | — 7,0 |
| 1898 | — 2,9 | — 3,2 | — 4,6 | — 4,6 |
| 1899 | — 0,5 | — 3,0 | — 6,0 | — 6,0 |
| 1900 | — 4,8 | — 1,4 | — 2,0 | — 4,8 |
| *1901 | — 8,4 | — 11,0 | — 3,7 | — 11,0* |
| 1902 | — 3,6 | — 3,0 | — 2,9 | — 3,6 |
| 1903 | — 7,6 | — 3,5 | — 2,0 | — 7,6 |
| 1904 | — 3,5 | — 2,1 | — 4,0 | — 4,0 |
| *1905 | — 9,8 | — 5,5 | — 2,5 | — 9,8* |
| 1906 | — 7,5 | — 4,5 | — 7,8 | — 7,8 |
| *1907 | — 9,5 | — 8,0 | — | — 9,5* |

Digitized by Google

Tab. XVIII. **Mittlere Regenmengen in mm.**

| | Niigata (Japan) | Batum | Pavia | Lugano | Locarno | Como | Milano |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Januar . . . | 365 | 210 | 44 | 40 | 37 | 42 | 71 |
| Februar . . | 97 | 134 | 52 | 78 | 92 | 153 | 42 |
| März . . . | 121 | 139 | 84 | 141 | 161 | 147 | 95 |
| April . . . | 42 | 127 | 85 | 163 | 160 | 197 | 103 |
| Mai . . . . | 56 | 92 | 130 | 205 | 265 | 193 | 112 |
| Juni . . . . | 82 | 200 | 67 | 227 | 213 | 141 | 91 |
| Juli . . . . | 126 | 113 | 80 | 194 | 207 | 153 | 83 |
| August . . . | 69 | 148 | 34 | 159 | 219 | 123 | 45 |
| September . | 28 | 271 | 57 | 161 | 211 | 196 | 81 |
| Oktober . . | 127 | 241 | 128 | 160 | 157 | 208 | 158 |
| November . . | 153 | 319 | 65 | 92 | 96 | 100 | 136 |
| Dezember . . | 316 | 230 | 48 | 94 | 89 | 77 | 86 |
| Monatsmittel . | 142 | 165 | 73 | 143 | 159 | 144 | 92 |
| Mittel (April–Sept.) | 67 | 159 | 75 | 186 | 213 | 183 | 87 |
| Jahresmittel (Total) | 1704 | 1980 | 876 | 1716 | 1908 | 1728 | 1104 |

Lugano mit 1716, Locarno mit 1908 und Como mit 1728 mm jährlicher Regenhöhe stellen sich sehr günstig in dieser Beziehung, speziell weil diese bedeutenden Regenmengen sehr vorteilhaft verteilt sind. Während im Durchschnitt jeder Monat in den drei obigen Stationen mit 143, 159 und 144 mm Regen bedacht würde bei gleichförmiger Verteilung des Regens über das ganze Jahr, erhalten die drei Gebiete aber den meisten Regen in der günstigen Periode von April bis September, wo entsprechend durchschnittlich **186** (statt 143), **213** (statt 159) und 183 mm (statt 144) Regen pro Monat fallen. Für diese Gebiete sind also die niederfallenden Regenmengen als sehr günstig zu beurteilen. Aus dieser Tabelle geht wieder die geringe Beweiskraft der Stadeschen Zahlen hervor, denn in Niigata und Pavia bleibt die Regenmenge in den wichtigen Monaten erheblich unter seiner Zahl und Pavia steht mit 876 mm sogar erheblich unter dem verlangten Jahresmittel.

Sehr wichtig für das Gedeihen der Pflanzen ist weiter die relative Luftfeuchtigkeit. Leider ist dieser Punkt in vielen meteorologischen Stationen gar nicht berücksichtigt. Es liegen auch keine zusammenfassenden Daten vor über diese Verhältnisse in den Theegebieten, so dass sich hier noch nicht die nach oben und unten zulässigen Grenzen angeben lassen. In den besten Theebezirken um Tokio (Japan) herum ist die mittlere Luftfeuchtigkeit 77,3.

Vergleichen wir damit folgende Tabelle XIX über die relative Luftfeuchtigkeit.

Digitized by Google

Tab. XIX. **Relative Luftfeuchtigkeit.**

| | Niigata (Japan) | Batum | Pavia | Lugano | Locarno | Como | Milano |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Januar . . . | 84 | 82 | 88 | 75 | 76 | 73 | 84 |
| Februar . . | 76 | 82 | 78 | 75 | 77 | 66 | 73 |
| März . . . | 80 | 86 | 70 | 69 | 71 | 66 | 66 |
| April . . . | 79 | 85 | 64 | 68 | 68 | 60 | 61 |
| Mai . . . . | 78 | 83 | 67 | 72 | 70 | 66 | 58 |
| Juni. . . . | 83 | 82 | 59 | 73 | 73 | 59 | 56 |
| Juli . . . . | 83 | 81 | 59 | 69 | 70 | 59 | 55 |
| August . . . | 83 | 84 | 63 | 71 | 73 | 63 | 55 |
| September . | 78 | 83 | 69 | 79 | 79 | 68 | 64 |
| Oktober . . | 83 | 82 | 79 | 80 | 76 | 75 | 74 |
| November. . | 80 | 79 | 85 | 82 | 81 | 78 | 84 |
| Dezember . . | 88 | 82 | 87 | 82 | 78 | 77 | 85 |
| Jahresmittel . | 81 | 84 | 72 | 75 | 74 | 68 | 68 |
| Mittel (April–Sept.) | 80 | 83 | 63 | 72 | 73 | 63 | 58 |

Die Zahlen für Niigata 80% und Batum 83% sind als sehr günstig zu bezeichnen und die höchsten meiner Tabelle. Pavia, Como und Milano mit 72,68 und 68% dagegen scheinen nahe an der nach unten erlaubten Grenze zu stehen, speziell wenn wir die für uns in Betracht kommenden Monate April bis September allein ins Auge fassen, wo die relative Feuchtigkeit sinkt auf 63, resp. 63 und 58%. Besser steht es mit Lugano und Locarno, deren entsprechende Zahlen 72 und 73% nicht zu weit von denen in Tokio beobachteten abzuweichen scheinen und wieder erheblich über Pavia stehen. (Wie schon erwähnt, gedeihen in Pavia mit 63% relativer Feuchtigkeit die Theesträucher ganz normal, nur während des Winters werden sie durch Zudecken vor Kälte geschützt.) Es ist auch bekannt, dass fehlende Luftfeuchtigkeit nicht etwa durch künstliche Bewässerung ersetzt werden kann.

Fassen wir die Resultate obiger Betrachtungen kurz zusammen, so ergibt sich, dass klimatologisch wenigstens die Theekultur in einzelnen Bezirken des insubrischen Gebietes (Lugano, Locarno, Pallanza) wohl möglich wäre. Nur das Auftreten der tief liegenden Minimaltemperaturen scheint sich einer günstigen Prognose in den Weg zu stellen, insofern, dass an vielen Stellen der Theestrauch im Winter eines künstlichen Schutzes gegen Kälte bedürfen würde.

Die auf den borromeischen Inseln und in Pallanza wachsenden Theesträucher haben alle die Seite 353 erwähnten kalten Winter unbeschädigt ohne jeden künstlichen Schutz überstanden, was sie zweifels-

Digitized by Google

ohne nur der grossen Nähe des schützenden Sees verdanken. Es gäbe sehr wahrscheinlich einen Streifen Landes von bestimmter Breite und Höhe um den ganzen See herum, wo auch ohne künstliche Schutzeinrichtungen die Theesträucher imstande wären, die strengen Winter auszuhalten. Leider fehlen uns genügende Angaben, um etwas Bestimmtes über die Breite der Schutzzone, die jedenfalls auch von der Bodenart, resp. deren Leitfähigkeit für Wärme abhängig sein muss, auszusagen. Aus den wenigen, früher erwähnten Theesträuchern im dortigen Gebiete lässt sich über diese Frage kein Aufschluss geben, weil sie alle in fast unmittelbarer Nähe des Seeufers sich befinden.

Ich habe noch die Zuvorkommenheit, mit der mir auf der Schweizerischen meteorologischen Zentralstation das nötige Material für die klimatischen Daten zur Verfügung gestellt wurde, hervorzuheben und bestens zu verdanken.

* * *

Zum Schluss fasse ich einige Hauptergebnisse meiner Arbeit kurz zusammen:

1. In der Auffindung der koffeïn- und theobrominhaltigen Genussmittel offenbart sich ein grosser Scharfsinn der Naturvölker.

2. Der Sitz des Koffeïns im Blatt ist das Mesophyll. Geringe Mengen finden sich im Mittelnerv, in den Markstrahlen und im Phloëmparenchym. Die Epidermen enthalten kein Koffeïn.

3. Es ist nicht richtig, dass mit dem Wachstum der Theeblätter der Gehalt an Koffeïn zurückgeht, dasselbe also verbraucht wird. Es findet vielmehr eine beständige, wenn auch immer geringer werdende Zunahme statt.

4. Das Koffeïn und die ihm verwandten Alkaloïde sind in der Pflanze als Exkrete des Stoffwechsels zu betrachten und kehren in denselben nicht wieder zurück. Ihr Verhalten ist ein analoges wie das der tierischen Purinkörper.

5. Die für den Nachweis des Thees so charakteristischen Sklereïden finden sich von einer Blattgrösse von 2 mm ab stets und sind daher unter allen Umständen charakteristisch.

6. In der Rinde der Axe sind sie ebenfalls vorhanden, aber sehr selten, im Samen fehlen sie.

7. Das Freiwerden des Koffeins aus seiner Tannatverbindung findet bei der Bereitung des schwarzen Thees hauptsächlich durch das Welken und Rollen, weniger durch die Fermentation statt. Ausschliesslich durch die letztere wird aber das Aroma des Thees entwickelt.

Digitized by Google

8. Bei der Fermentation spielen ausschliesslich im Theeblatt selbst enthaltene Fermente eine Rolle.

9. Die Kultur des Theestrauches im insubrischen Gebiete der Schweiz erscheint in der Nähe der Seen durchaus möglich. Ob sie rentabel sein würde, ist freilich eine andere Frage.

## Literatur-Verzeichnis.


1. Albanese. Über das Schicksal des Koffeïns im Tierorganismus. Berichte der deutsch. chem. Ges. Bd. XXXII. 2. 1899. S. 2280—2282. Biochemisches Centralblatt 1903; Referat 228. S. 117: Über die Bildung von 3-Methylxanthin aus Koffeïn im tierischen Organismus.
2. Anonym. Die russischen Theeplantagen im Batumschen Kreise. Chemiker-Zeitung 1898, Nr. 17, S. 146. Tropenpflanzer 1901, V, S. 291; Tropenpflanzer 1904, VIII, S. 200—201.
3. Aso K. und Emm. Pozzu-Escot. Rolle der oxydierenden Diastasen bei der Bereitung des Handelthees und Einflüsse der gleichen Agenzien auf die Sumachblätter. Revue générale de Chimie pure et appliquée. 1902. V. 12. Sept. S. 419—421. Nach Chemisches Centralbl. 1903. LXXIV. Jahrgang. I. S. 243.
4. Aso K. Über die Bedeutung der Oxydase bei der Bereitung des Handelthees. Bull. Coll. Agriculture, Tokyo, Imp., Univ. 1901. S. 255.
5. Atlas climatologique de l'empire de Russie. Publié par l'observatoire Physique Central Nicolas à l'occasion du 50me anniversaire de sa fondation 1849—1899. St. Pétersbourg 1900. 89 cartes et 15 tableaux graphiques.
6. Baginsky A. Über das Vorkommen von Xanthin, Guanin und Hypoxanthin im Thee. Zeitschrift für physiologische Chemie. Bd. VIII. 1884. S. 395—403.
7. Barth Hermann. Studien über den mikrochemischen Nachweis von Alkaloïden in pharmaceutisch verwendeten Drogen. Diss. Zürich 1898. S. 5. Botan. Centralblatt 1898. Bd. LXXV. S. 225.
8. Behrens H. Anleitung zur mikrochemischen Analyse der wichtigsten organischen Verbindungen. 1897. Heft IV. S. 14—15.
9. Beilstein. Organische Chemie. Hamburg. 1897. Bd. III. S. 957—959.
10. Beitter A. Neuere Erfahrungen über Koffeïnbestimmungen. Berichte der deutsch. pharmaceutischen Gesellschaft, 1901. XI. Jahrg. S. 339-350.
11. Bernegau. Über die Theekultur auf der Insel Sao Miguel (Azoren). Tropenpflanzer 1903. VII. Jahrgang. S. 169—173.
12. Boorsma W. G. Die saponinhaltigen Bestandteile der Samen von Thea. Diss. Utrecht. 1891. Apotheker-Zeitung 1891. VI. S. 366. Nach Chemisches Centralblatt 1891. LXII. Jahrgang, Bd. II, S. 489.
13. Brunotte Camille. Determination histologique des falsifications du thé. Nancy 1884, page 8—12.
14. Bunge. Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Basel 1901. IV. Aufl. S. 43.
15. Cahours A. Annales de Chimie et de Physique. 3. Bd. X. S. 327.
16. Candolle A. de. L'origine des plantes cultivées. Paris 1883, page 93—95.
17. Cavara Fridiano. Studi sul The. Atti dell' Istituto Botanico di Pavia-Nuova Serie-Vol. V. Milano 1899. S. 1—63.
18. Christ. Das Pflanzenleben der Schweiz. Zürich 1882. S. 63—64.
19. Clautriau G. Nature et signification des alcaloïdes végétaux. Recueil de l'Institut Botanique (Université de Bruxelles). Tome V. 1902. S. 1—87.


Digitized by Google

20. Collin. Falsification du Thé en Chine. Paris 1890. Jahresbericht der Pharmacie 1886. XXI. Jahrgang. S. 97.
21. Czapek Friedrich. Biochemie der Pflanzen. Jena 1905. Bd. II. 45. Kapitel: Purinbasen. S. 239—252; Bd. II. 52. Kapitel, § 7. Gerbstoffe. S. 569—593.
22. Detmer W. Botanische und landwirtschaftliche Studien auf Java. Jena 1907. S. 44—51.
23. Dieterich Karl. Über die Wertbestimmung der Kolanuss und des Kolaextraktes. Helfenberger Annalen 1897. II. Bd. des 2. Decenniums. S. 181—203. Siehe auch Diskussion darüber in Apotheker-Zeitung 1898. S. 668, 679.
24. Dunstan R. and W. F. J. Shepheard. The Identity of Coffeïne and Theïne, and the reactions of Coffeïne with Auric Chloride. Journal of the chemical Society. Bd. LXIII. 1893. S. 195—206.
25. Erdmann König. Warenkunde. Leipzig. 14. Aufl., 1906. S. 440, 429, 415.
26. Erismann F. Thee. Deuxième Rapport du laboratoire sanitaire municipal de Moscou 1894. S. 122—126.
27. Fernau Albert. Über Gerbstoffbestimmungsmethoden. Schweizer. Wochenschrift für Chemie und Pharmacie 1906. XLIV. Jahrgang. S. 226—232.
28. Faber Joh. Franciscus Nicolaus. Dissertatio medica de Thee Helvetico. Basel. 1715. S. 1—24.
29. Fischer B. und C. Hartwich. Handbuch der pharmaceutischen Praxis. Berlin 1900. Koffeïn: I. Bd. S. 908—915; Boheasäure: II. Bd. S. 1037; Thee: II. Bd. S. 1034—1037.
30. Fischer E. Untersuchungen in der Puringruppe 1882—1906. Berlin 1907.
31. Gadamer J. Über Koffeïnbestimmung im Thee. Archiv der Pharmacie 1899. S. 58—68. Apotheker-Zeitung 1898. XIII. S. 678.
32. Ganse E. H. Bestimmungen von Koffeïn im Thee. Journal Soc. Chem. Jud. 1896. S. 95.
33. Gaucher. Mikrochemischer Nachweis von Koffeïn. Rép. der Pharmacie 1895. S. 341.
34. Gaucher. Über den Schmelzpunkt und Verflüchtigungspunkt des Coffeïns. Berichte d. Berl. Akad. d. Wiss. 1895. S. 261. Nach Jahresbericht der Pharmacie 1895. XXX. Jahrgang. S. 433.
35. Gaucher. De la caféine et de l'acide cafétannique dans le caféier. (Coffea arabica L.). Recherches microscopiques. Montpellier 1895.
36. Gehe et Cie. Handelsberichte. Dresden-Neustadt. 1895.
37. Gildemeister E. und Fr. Hoffmann. Die ätherischen Öle. Berlin 1899. S. 657—658.
38. Günther Fritz. Das optische Verhalten und die chemische Konstitution des Tannins. Berichte der deutsch. pharmaceutischen Gesellschaft. V. Jahrgang. 1895. S. 297—299.
39. Grisebach. Die Vegetation der Erde nach ihrer klimatischen Anordnung. Ein Abriss der vergleichenden Geographie der Pflanzen. Leipzig 1872.
40. Hanausek T. F. Zur histochemischen Koffeïnreaktion. Zeitschrift des allg. Oester. Apotheker-Vereins 1891. S. 606.
41. Hann J. Handbuch der Klimatologie. Stuttgart 1883.
42. Hartwich C. Die Verbreitung alkoholischer Genussmittel auf der Erde. Apotheker-Zeitung. XX. Jahrgang. 1905. S. 825—827, 838—840.
43. Heckel E. Sur l'utilisation et les transformations de quelques alcaloïdes dans la graine pendant la germination. Comptes rendus de l'académie des sciences de Paris. Bd. CX. 1890. S. 88.

Digitized by Google

44. Hilger A. Die Bestimmung des Koffeïns in den Theesorten des Handels. Archiv für Pharmacie 1885. Bd. XXIII. S. 827—828. Nach Jahresbericht der Pharmacie. XX. Jahrgang. 1885. S. 172—173.
45. Hilger A. und F. Tretzel. Über den reinen Gerbstoff der Theeblätter. Forschungsberichte über Lebensmittel und ihre Beziehungen zur Hygiene 1894. S. 40.
46. Hitzemann Karl. Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Ternstrœmiaceen, Dilleniaceen, Dipterocarpaceen und Chlænaceen. Diss. Kiel. 1886. S. 9—17.
47. Hooker. Index Kewensis Plantarum Phanerogamarum. Oxford 1893.
48. Hooper David. Über den Gerbstoffgehalt indischer und ceylonischer Theesorten. Chemical Neues 1889. Bd. LX. S. 311—312. Nach Jahresbericht der Pharmacie. 1890. XXV. Jahrgang. S. 180—183.
49. Hooper S. D. The pharmaceutical Journal and Trans. 1894—1895. S. 587 u. 605.
50. John, Mc. Ewan. The geographical distribution of the tea plant in growth, and of its product in consumption. Verhandlungen des 7ten internationalen Geographenkongresses Berlin 1899. II. Teil. Berlin 1901. S. 449—554.
51. Jong, A. W. K. de. Het Alkaloïdgehalte van Cocablad. Teysmannia. 17e jaarg. Afl. 2. 1906.
52. Katayama T. On the Aroma of Black Tea. The Bulletin of the Imperial Central Agricultural Experiment Station Japan. Vol. I. Nr. 2. Tokio, Okt. 1907. S. 149—152.
53. Keller C. C. Die Bestimmung des Koffeïns im Thee. Berichte der deutschen pharmaceutischen Gesellschaft. VII. Jahrgang. 1897. S. 105—112.
54. Kellner O., Makino und Ogasawara. Die Zusammensetzung der Theeblätter in verschiedenen Vegetationsstadien. Landwirtschaftliche Versuchsstationen 1887. Bd. XXXIII. S. 370—380. Nach Chemisches Centralblatt 1887. S. 70.
55. Knopp und Wolf. Notiz über die stickstoffhaltigen Nahrungsmittel der Pflanzen. Landwirtschaftliche Versuchsstationen 1865. Bd. VII. S. 308.
56. Knebel. Über die Konstitution und physiologische Wirkung des Kolarot im Vergleich zu Koffeïn. Répertoire de pharmacie 1892. S. 433.
57. Koch Julius. Über die Gattung Thea L. und den chinesischen Thee. Dissertation. Erlangen 1900.
58. Kohl G. und Swoboda. Über einige Doppelsalze des Cyanquecksilbers. Archiv der Chemie und Pharmacie. 1852. Bd. LXXXIII. S. 339. Koffeïn-Quecksilbercyanid. S. 341.
59. Köhler H. Über die Bestandteile der ätherischen Öle einiger Ericeen. Berichte der deutsch. chemischen Gesellschaft 1879. Bd. XII. S. 246—248.
60. König. Die menschlichen Nahrungs- und Genussmittel. Berlin. 1889. II. Bd. III. Auflage. Thee: Seite 1077—1099.
61. Kossel A. Über eine neue Base aus dem Pflanzenreiche. Berichte der deutsch. chemischen Gesellschaft 1888. 2. Bd. XXI. S. 2164—2172. Zeitschrift für physiologische Chemie 1888. Bd. XII. S. 298.
62. Kossels Arbeiten. Zeitschrift für physiologische Chemie. Bd. 3—19.
63. Kozai G. Untersuchung über die Bereitung und Analysen verschiedener Theesorten. Tokio. Chemiker-Zeitung. Bd. XVIII. 1894. S. 14.
64. Krüger Martin. Die Gewinnung des Adenins aus Theeextrakt. Zeifschrift f. physiologische Chemie. 1895. Bd. XXI. S. 274—284.
65. Kunz-Krause Hermann. Die Alkaloïde, übersetzt nach Dr. Jcilio Guareschi. Berlin 1896. S. 401—405.
66. Linde O. Über einige neuere Alkaloïdbestimmungsmethoden. Archiv der Pharmacie. XXXIV. Jahrg. 1899. S. 400—433.

Digitized by Google

67. Loew Oscar. Nochmals über die Tabakfermentation. Zentralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde 1901. II. 7. S. 673—680.
68. Lutz. Recherches sur la nutrition des végétaux. Ann. des sciences nat. Botanique. Paris 1898. Bd. VII. S. 1 etc.
69. Moeller Jos. Anatomie der Baumrinden. Berlin 1882. S. 251.
70. Molisch H. Grundriss einer Histochemie der pflanzlichen Genussmittel. Jena 1891. S. 6—7; 15.
71. Mulder G. H. Über Thein und Coffein. Poggendorfes Annalen 1838. Bd. XLIII. S. 161. Journal für praktische Chemie 1838. Bd. XV. S. 280—284.
72. Müller O. Ein Beitrag zur Kenntnis der Eiweisbildung in Pflanzen. Landwirtschaftliche Versuchsstationen 1887. Bd. XXXIII. S. 326, auch 311—347.
73. Nanninga A. W. Untersuchungen über auf Java kultivierte Theesorten. VII. Beilage V zum Jahresbericht des botanischen Gartens in Buitenzorg 1900 Batavia 1901.
74. Nanninga A. W. Untersuchungen über die Bestandteile des Theeblattes und die Veränderungen, welche diese Stoffe bei der Erntebereitung erleiden. I. Teil. Mededeelingen uit s'Lands Plantentnin. 46. Batavia 1901. Zeitschrift für Unt. von Nahr- und Genussmitteln 1902. V. S. 473—476.
75. Nestler A. Der direkte Nachweis des Cumarins und Theins (= Koffein) durch Sublimation. Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft. Bd. XIX. 1901, S. 350—361.
76. Nestler A. Praktische Anwendungen der Sublimation. Zeitschrift für Untersuchung von Nahrungs- und Genussmitteln. 1903. VI. S. 408—411.
77. Nestler A. Ein einfaches Verfahren zum Nachweis von Koffein und seine praktische Verwendung. Zeitschrift f. Untersuch. v. Nahr.- u. Genussmitteln. 1901. IV. Jahrgang. S. 289—295.
78. Nestler A. Der Nachweis von extrahiertem Thee durch Sublimation. Zeitschrift f. Untersuchung v. Nahrungs- u. Genussmitteln. 1902. V. S. 245—247.
79. Oudry. Magazin für Pharm. Bd. XIX. S. 49.
80. Panchaud A. Wertbestimmung von Drogen. Schweizerische Wochenschrift für Chemie und Pharmacie 1903. S. 483—88, 494—500, 511—17, 523—27, 532—36, 569—73, 585—88.
81. Peckolt. Über den Theestrauch. Zeitschrift des österreichischen Apotheker-Vereins. 1884. S. 305, 328, 337, 358, 370, 377. Nach Archiv der Pharmacie. 3te Reihe. 1885. Bd. XXIII. S. 195—196.
82. Peckolt. Pharm. Review. 1896. Nr. 7. Nach Jahresbericht der Pharmacie. 1896. S. 154.
83. Perrot Em. et A. Goris. La fleur de thé. Bulletin des sciences pharmacologiques 1907. Bd. XIV, page 392—396.
84. Pfeffer. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. 1872. Bd. VIII. S. 548.
85. Pfeffer. Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig. 1897. Bd. I. S. 499, 608.
86. Proctier Wilhelm. Über das flüchtige Öl von Gaultheria procumbens. Journal für praktische Chemie. 1843. Bd. XXIX. S. 467—479.
87. Pukner W. A. Bemerkungen über die Bestimmungen von Koffein. Pharmaceutical Review. 1905. 9. Okt.
88. Reclus E. La terre. 2. édition. Paris 1870—72.
89. Rombourgh P. van, en Lohmann. Onderzœkingen betreffende op Java gekultiveerde Theein. s'Land's Plantentuin. 1890. S. 43.
90. Rombourgh P. van en Lohmann. Onderzœkingen betreffende op Java gekultiveerde Theein, in Verslag omtrent den Staat van s'Lands Plantentuin te Buitenzorg over het Jaar 1896. Batavia 1897. Bijlage 1. Ref.: Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel 1898. I. S. 213.

Digitized by Google

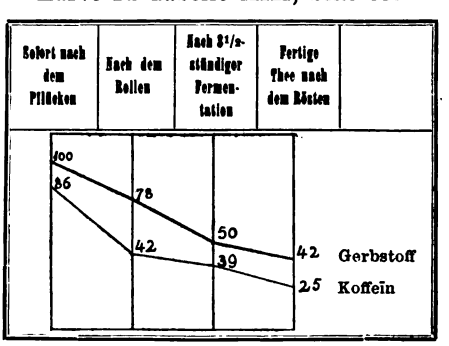
91. Rombourgh van, en Lohmann. Nähere Untersuchungen über die flüchtigen Bestandteile des frisch fermentierten Thees. s'Lands Plantentuin 1896. S. 167—169. Ref. in Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel 1898. I. S. 214.
92. Richter Oswald. Die Fortschritte der botanischen Mikrochemie seit Zimmermanns „Botanischer Mikrotechnik" III. Abschnitt. Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie 1905. Bd. XXII. Heft 3. S. 397.
93. Sachs. Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig. 1882. I. S. 243, 396.
94. Sawamura S. Chemical Composition of Tea Leaves at Various Stages of Development. The bulletin of the Imperial Central Agricultural Experiment Station Japan. Vol. I. No. 2. Tokio, Oktober 1907, p. 145—147.
95. Schiff Hugo. Weiteres zur Konstitution der Gerbsäure. Chemiker-Zeitung 1896. Bd. XX. S. 865.
96. Schiff Hugo. Optisches Verhalten der Gerbsäure. Chemiker-Zeitung 1895. Bd. XIX. S. 1680.
97. Schimper A. W. Anleitung zur mikroskopischen Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel. Jena 1888. S. 33.
98. Schimper. Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Jena 1898.
99. Schneegans. Betulase, ein in Betula lenta enthaltenes Ferment. J. Pharm.-d'Als.-Lor. 1896. No. 17; nach Chemisches Centralblatt 1897. LXVIII. Jahrg. I. S. 326.
100. Schneegans A. u. J. E. Gerock. Über Gaultherin, ein neues Glylzosid aus Betula lenta. Journal der Pharmacie von Elsass-Lothringen. 1895. No. 2, nach Chemisches Centralblatt 1895. LXVI. Jahrg. II. S. 134.
101. Schulte A. im Hofe. Die Kultur und Fabrikation von Thee in Britisch Indien und Ceylon. 1901. Beilage II im Tropenpflanzer 1901. V. Jahrg. S. 31—117. Berichte der deutsch. pharmazeutischen Gesellschaft 1901. S. 115—155.
102. Schulze E. In wie weit stimmen der Pflanzenkörper und der Tierkörper in ihrer chemischen Zusammensetzung überein und in wie fern gleicht der pflanzliche Stoffwechsel dem tierischen. Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1894. Bd. IXL. S. 242—274.
103. Schulze E. u. E. Bosshardt. Zur Kenntnis des Vorkommens von Allantoin, Asparagin, Hypoxanthin und Guanin in den Pflanzen. Zeitschrift für physiologische Chemie 1895. Bd. IX. S. 420—444.
104. Semmler Heinrich. Die tropische Agrikultur. Wismar. II. Auflage 1897. Band I. S. 548—556.
105. Siern E. E. Note on the inflorescence of camellia japonica in Bull. of the. Torr. bot. club. 1893. Vol. XIV. S. 32.
106. Solereder Hans. Systematische Anatomie der Dicotyledonen. Stuttgart 1899. S. 144—154.
107. Spencer G. Revue internationale des falsifications. 1897. Bd X. S. 15.
108. Stade Hermann. Über die geographische Verbreitung des Theestrauches. Jahresbericht des naturwissenschaftlichen Vereins in Magdeburg 1891.
109. Stadthagen. Virchows Archiv. 1887. Bd. LIX. S. 390.
110. Statistik des Schweizerischen Verkehrs. 1851—1884. Bern 1885.
111. Statistik des Warenverkehrs der Schweiz mit dem Auslande. Erscheint jährlich seit 1885. Bern.
112. Statistisches Jahrbuch der Schweiz. Vom Eidg. Stat. Bureau in Bern. Erscheint jährlich seit 1892.
113. Statistisches Jahrbuch für das deutsche Reich. Berlin 1907. Von Puttkammer und Müllbrecht.



Digitized by Google

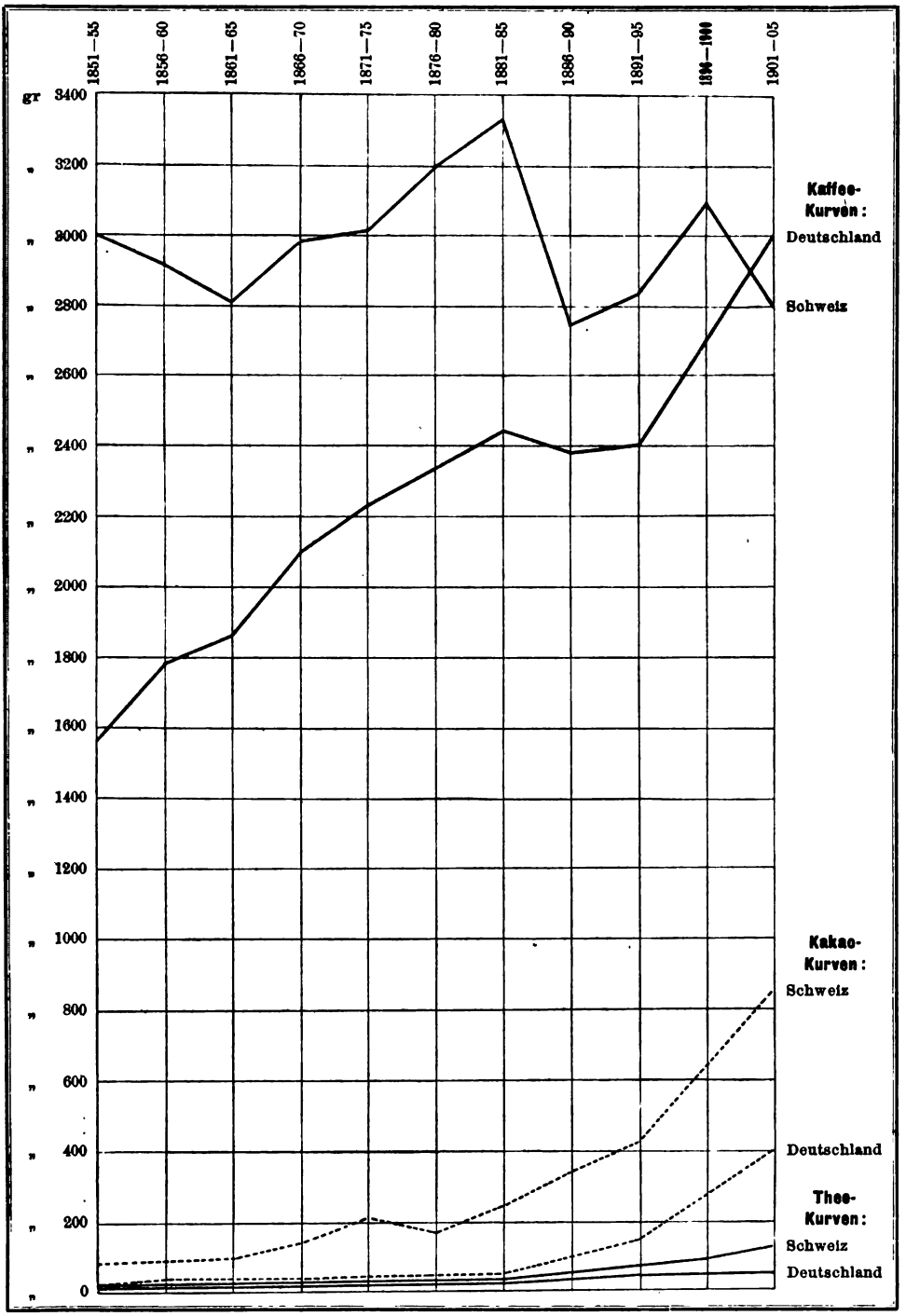
114. Suzuki U. On the localisation of theïne in the tea leaves. Reprinted from the Bulletin of the College of Agriculture. Tokyo. Imperial University. 1901. Bd. IV. S. 277—298.
115. Szyszylowicz. I. Theaceae. In Engler und Prantl's Natürliche Pflanzenfamilien. Leipzig 1895. III. Teil. 6. Abteilung. S. 175—192.
116. Tschirch A. und Oesterle O. Anatomischer Atlas der Pharmakognosie und Nahrungsmittelkunde. Leipzig 1900. Tafel 3.
117. Tschirch A. und Sterbatscheff. Über die Verteilung der Astrosklereïden in der Theepflanze. Schweizerische Wochenschrift für Chemie und Pharmacie. 1905. S. 322.
118. Treub M. Sur la localisation, le transport et le rôle de l'acide cyanhydrique dans le Pangium edule Reinw. Annales du Jardin Bot. de Buitenzorg. 1896. Bd. XIII. S. 1.
119. Trillich und Göckel. Beiträge zur Kenntnis des Kaffees. Forschungsberichte für Nahrungsmittelchemie. 1897. S. 78.
120. Waghel P. Über Theegährung. Chemiker-Zeitung 1903. Bd. XXVII. S. 280 bis 281. — Chemisches Zentralblatt 1903. I. LXXIV. S. 982.
121. Walden P. Über das optische Verhalten des Tannins. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 1897. Bd. XXX. 3. S. 3151.
122. Walden P. Über die vermeintliche Identität des Tannins mit der α-Digallussäure. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 1898. Bd. XXXI. 3. S. 3167—3174.
123. Weevers Th. und C. J. Weevers de Graaff. Onderzoekingen over eenige xanthine-derivaten in verband met de stofwisseling der plant. Akademie van Wetenschappen. Amsterdam. Verslag van de gewone Vergaderingen der wis-en natuurkundige Afdeeling. 1903. XII. Sept. 26. S. 369—374.
124. Wehrli J. Hans. Zur Wirtschafts- und Siedelungsgeographie von Ober-Burma und den nördlichen Shan-Staaten. Wissensch. Beilage z. Jahresb. d. geogr.-ethnogr. Gesellschaft in Zürich. 1905—1906.
125. Weil Ludwig. Beiträge zur Kenntnis der Saponinsubstanzen und ihrer Verbreitung. Dissertation. Strassburg i./E. 1901.
126. Wild Heinrich. Etudes météorologiques. St. Pétersbourg. 1872.
127. Winckel Max. Über das angebliche Vorkommen des Phloroglucins in den Pflanzen. Dissertation. Bern 1904. S. 25.
128. Wœikoff A. Die Klimate der Erde. Jena 1887.
129. Zimmermann A. Die botanische Mikrotechnik. Tübingen 1892.

**Kurve zu Tabelle XIII,** Seite 336.

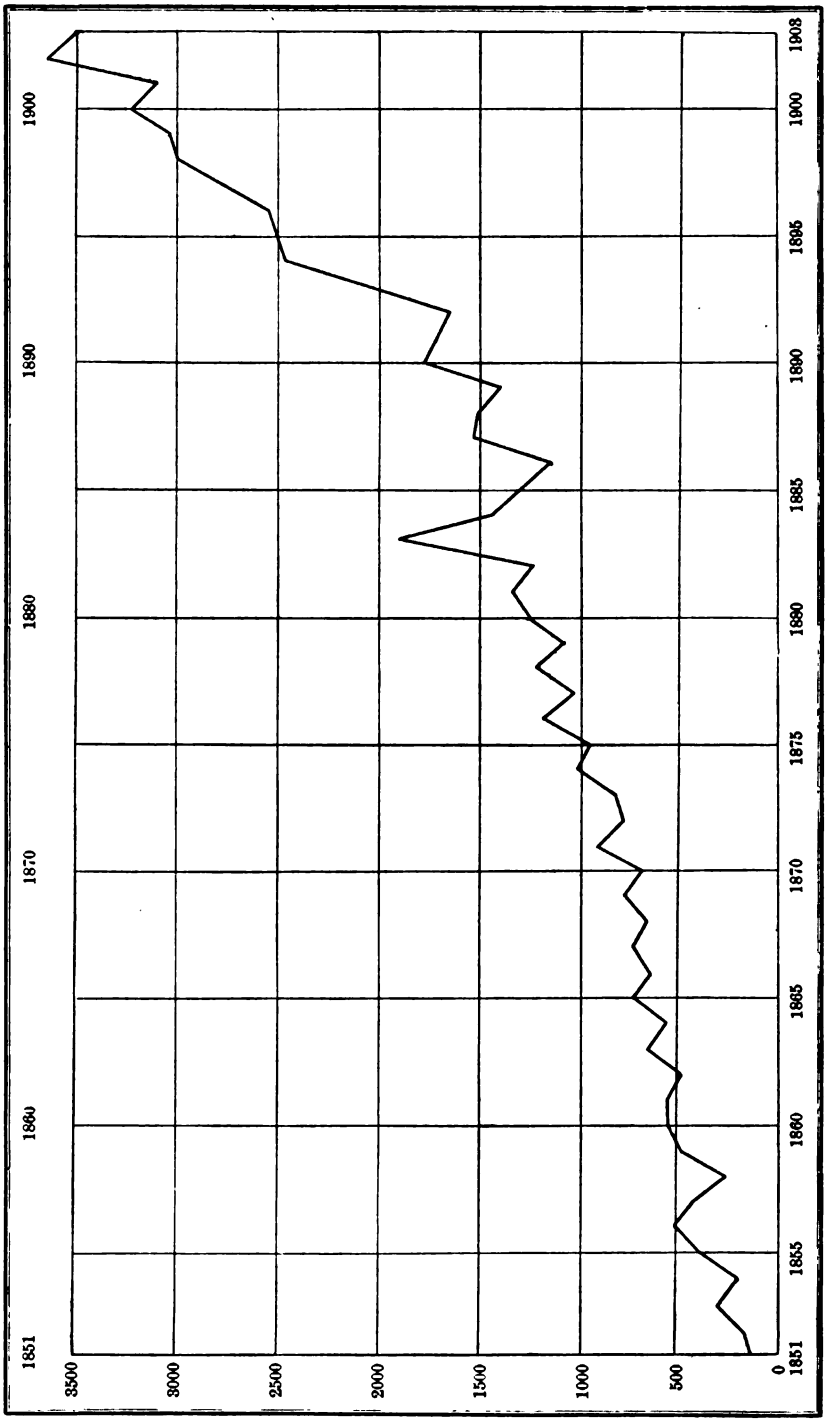



Digitized by Google

**Jährlicher Verbrauch pro Kopf der Bevölkerung (in Gramm) von Kaffee, Kakao und Thee in Deutschland und in der Schweiz, 1850—1905.**

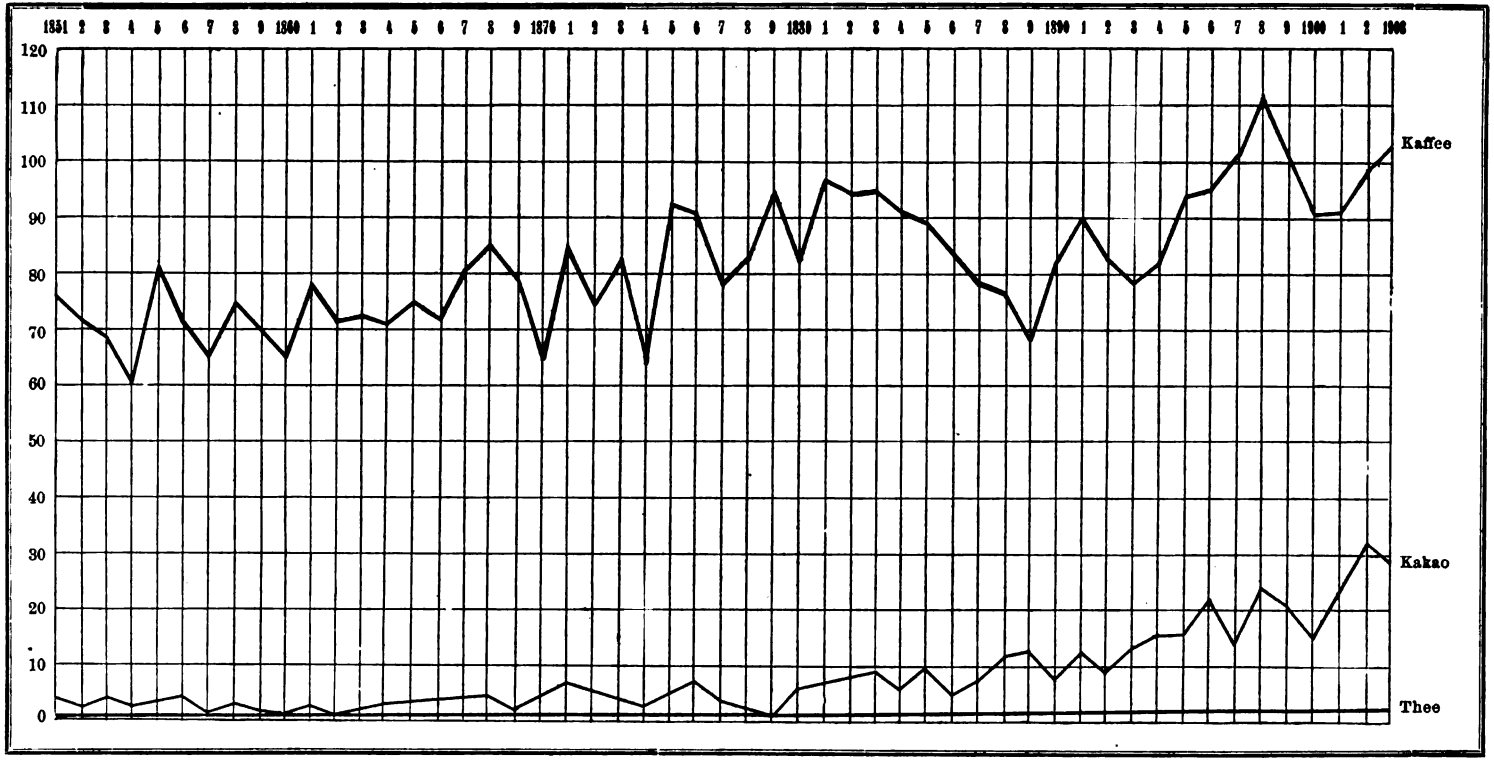



Digitized by Google




Digitized by Google

**Vergleichstabelle über Gesamtkonsum von Kaffee, Kakao und Thee in der Schweiz 1851—1908, ausgedrückt in 1000 Meterzentnern.**




Digitized by Google

# Auflösung der Gleichung $X^n = A$.

Von

H. Kreis

in Winterthur.

---

Es handelt sich in dieser Arbeit um algebraische Gleichungen im Gebiete der Matrices. Das Symbol $A$ bedeutet also ein quadratisches Schema aus gewöhnlichen Zahlen, welche als Koeffizienten einer linearen Substitution auftreten. Nachdem man die rationalen Operationen bezüglich dieser neuen, höheren komplexen Zahlen definiert hat, entsteht eine allgemeinere Algebra[1]). Jede Matrix $A$ besitzt die merkwürdige Eigenschaft, dass sie eine gewisse ganze, rationale Funktion $\varphi(x)$ zu 0 macht, wenn man sie an die Stelle der Veränderlichen $x$ setzt.

$$\varphi(A) = c_0 + c_1 A + \cdots + c_\varkappa A^\varkappa = 0$$

$c_0, c_1, \ldots c_\varkappa$ sind gewöhnliche, reelle oder imaginäre, Zahlenwerte. Kann man, wenn die Funktion $\varphi(x)$ und die Matrix $A$ gegeben sind, das System $X$ derart bestimmen, dass

$$\varphi(X) = A$$

wird?

Die Frage lässt sich im allgemeinen beantworten; wie man sie behandelt, habe ich schon gezeigt[2]). Ich werde jetzt die Methode auf den Fall

$$X^n = A \tag{1}$$

---

[1]) Cayley, A Memoir on the Theory of the Matrices, Math. Papers.

Laguerre, Sur le calcul des systèmes linéaires, Journ. de l'école polyt., cahier 42.

[2]) Contribution à la théorie des systèmes linéaires, Thèse, Zürich 1906.

Digitized by Google

anwenden und für denselben ein leichtes Kriterium betreffend die Möglichkeit geben [1]).

* * *

Ich erwähne zunächst einen bekannten Satz, auf welchen sich die ganze Untersuchung stützt und dessen Beweis hier unterbleiben mag [2]).

*Satz:* Die charakteristische Determinante

$$| \lambda - \varphi(P) |$$

der Matrix $\nu$ter Ordnung

$$\varphi(P) = \begin{Vmatrix} \varphi(w), 0, 0 & 0, \ldots 0 \\ \varphi'(w), \varphi(w), 0, & 0, \ldots 0 \\ \frac{\varphi''(w)}{1.2}, \varphi'(w), \varphi(w), & 0, \ldots 0 \\ \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot & \\ \frac{\varphi^{(\nu-1)}(w)}{(\nu-1)!}, \ldots & \varphi'(w), \varphi(w) \end{Vmatrix}$$

besitzt zwei Gruppen von Elementarteilern:

$$\begin{aligned} &(\lambda - \varphi(w))^{l+1}, \; h \text{ Mal} \\ &(\lambda - \varphi(w))^{l}, \; \varrho - 1 - h \text{ Mal}. \end{aligned} \tag{2}$$

Es bedeutet $\varphi(x)$ eine beliebige Funktion von $x$, $w$ irgend eine Zahl, $\varrho - 1$ die Multiplizitätsordnung der Wurzel $x = w$ der Gleichung $\varphi(x) = \varphi(w)$. Schliesslich sollen die ganzen Zahlen $h$ und $l$ aus den Bedingungen

$$\begin{gathered} \nu = (\varrho - 1)\, l + h \\ l \geqq 0 \\ 1 \leqq h \leqq \varrho - 1 \end{gathered} \tag{3}$$

bestimmt werden, was, bei gegebenen $\nu$ und $\varrho - 1$, immer auf eine einzige Art möglich ist.

* * *

Gehen wir nun zu unserer eigentlichen Frage über: „Wann gibt es Matrices $X$, die $n$ Mal mit sich selbst multipliziert, das

---

[1]) Vergl. Frobenius, Über die cogredienten Transf. der bilinearen Formen, Sitzb. der Berl. Akademie, Januar 1896.

Vergl. Cayley, l. c.

[2]) Vergl. Bromwich, Theorems on Matrices a. bil. Forms, Proceed. of the Cambr. Phil. Soc. (1900), vol. XI, S. 86 ff.

P. Muth, Über rat. Funktionen bil. Formen, Crelles Journal (1903), Bd. 125, S. 291 f., oder die Arbeit, Contribution, etc. l. c. S. 47.

Digitized by Google

vorgelegte System $A$ ergeben?" Anders ausgedrückt, wann besitzt die Gleichung

$$X^n = A \tag{1}$$

Wurzeln?

Nehmen wir an, die Elementarteiler von $|\lambda - A|$ seien alle bestimmt und je nach den verschiedenen Wurzeln $a_1, a_2, \ldots a_p$ der Gleichung $|\lambda - A| = 0$ in Klassen verteilt. Irgend eine der Lösungen $X$ wird eine Normalform $N$ besitzen, die aus $p$ Normalsystemen $N_1, N_2, \ldots N_p$ besteht, so dass z. B.:

$$N = N_1 \dotplus N_2 \dotplus \cdots \dotplus N_p$$

unter der Bedingung, dass die Determinante

$$|\lambda - N_i| \qquad (i = 1, 2, \ldots p)$$

alle Elementarteiler aufweist, die in der Klasse $(a_i)$ vorkommen und nur diese. Die Möglichkeit der Lösung hängt zuerst von derjenigen der Bestimmung der Normalsysteme $N_1, N_2, \ldots N_p$ ab.

* * *

Sei also $a$ irgend einer der $p$ verschiedenen Werte der Wurzeln der Gleichung $|\lambda - A| = 0$ und

$$(\lambda - a)^f, \beta \text{ Mal}; (\lambda - a)^g, \gamma \text{ Mal}; \ldots \quad (a) \tag{5}$$

die Gesamtheit der Elementarteiler der Klasse $(a)$. Wir setzen dabei die Multiplizitätszahlen $\beta, \gamma, \ldots$ ausdrücklich von 0 verschieden voraus und setzen

$$f > g > \cdots \quad \text{fest.}$$

Wir sagen, dass zwei aufeinander folgende Elementarteiler der Reihe (5) durch eine Lücke getrennt sind, wenn die Differenz $f - g$ der Exponenten grösser als 1 ist. Es treten im allgemeinen mehrere Lücken auf, welche die Reihe (5) in einer Anzahl von lückenlosen Klassen von Elementarteilern zerlegen wie die folgende:

$$\left.\begin{array}{c}(\lambda - a)^{e+1}, \alpha_1; (\lambda - a)^e, \alpha_2; \ldots \quad (\lambda - a)^{e-i}, \alpha_{i+2} \\ \alpha_1, \alpha_2, \ldots \alpha_{i+2} > 0; \; e - i \geqq 1.\end{array}\right\} \tag{6}$$

Die Exponenten der Elementarteiler der Reihe (5), die in (6) nicht vorkommen, unterscheiden sich von $e + 1$ und $e - i$ um mindestens 2 Einheiten.

Die Elementarteiler (2) der Determinante $|\lambda - \varphi(P)|$ bilden in diesem Sinne eine lückenlose Klasse.

Digitized by Google

Diejenige der Normalformen $N_1, N_2, \ldots N_p$, welche dem Werte $a$ entspricht, wird sich im allgemeinen auf weitere, irreducibele Normalformen $P_1(w_1)$, $P_2(w_2), \ldots P_r(w_r)$ zurückführen lassen, so dass etwa:

$$P_1(w_1) \dot{+} P_2(w_2) \dot{+} \cdots \dot{+} P_r(w_r)$$

diese betrachtete Normalform darstellt.

Die Systeme

$$P_1(w_1), P_2(w_2), \ldots P_r(w_r),$$

die wir Elementarsysteme nennen wollen, werden mit Wurzeln der Gleichung

$$w^n = a$$

konstruiert. $P_1(w_1)$ z. B. besitzt folgende Struktur:

$$P_1(w_1) = \left\{ \begin{array}{l} w_1 \\ 1, w_1 \\ 0, 1, w_1 \\ \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ 0, 0, \ldots 1, w_1 \end{array} \right\}.$$

Die Diagonale enthält nur $w_1$; unterhalb der Diagonalglieder kommen die Elemente 1 vor; alle andern Elemente sind 0. Die Ordnungen der Elementarsysteme bleiben vorläufig noch beliebig.

* * *

Wir werden durch das vorhergehende auf die folgende Grundaufgabe zurückgeführt, mit welcher wir uns jetzt beschäftigen wollen:

Unter welchen Umständen gibt es Elementarsysteme $P(w)$, die so beschaffen sind, dass die Gesamtheit der Elementarteiler der charakteristischen Determinanten $|\lambda - P^n(w)|$ eine vorgeschriebene lückenlose Klasse von Elementarteilern (6) erschöpfen?

Nach dem Fundamentalsatze, den wir anfangs erwähnt haben, sind zwei Fälle zu unterscheiden, je nachdem $a$ von null verschieden ist oder nicht.

1. Fall: $a \neq 0$. Die Wurzeln der Gleichung

$$w^n = a$$

sind alle einfach, so dass $\varrho - 1 = 1$. Die Determinanten $|\lambda - P^n(w)|$ aller gesuchten Elementarsysteme besitzen je nur einen Elementarteiler $(\lambda - w)^\nu$, ($\nu$, Ordnung von $P$). Um die Aufgabe zu lösen, braucht man z. B. nur eine der Wurzeln $w$ herauszugreifen und $\nu$

Digitized by Google

der Reihe nach die Werte $e+1, e, \ldots e-i$ die in (6) vorkommen, $\alpha_1$ Mal, $\alpha_2$ Mal, $\ldots \alpha_{i+2}$ Mal zu geben. Man erhält eine Gruppe von Elementarsystemen $P(w)$, die unsere spezielle Aufgabe lösen.

Diese letztere ist unter allen Umständen lösbar, wenn die Wurzel $a$ nicht null ist.

2. Fall: $a = 0$. Das Problem gestaltet sich anders bei dieser Annahme. Die Gleichung

$$w^n = 0$$

hat eine einzige $n$-fache Wurzel, so dass

$$\varrho - 1 = n.$$

Die Determinante $|\lambda - P^n(0)|$ besitzt die Elementarteiler

$$\left.\begin{array}{l} \lambda^{l+1},\ h \text{ Mal} \\ \lambda^{l},\ n-h \text{ Mal} \end{array}\right\} \tag{7}$$

wo

$$\left.\begin{array}{l} \nu = nl + h \\ l \geqq 0,\ 1 \leqq h \leqq n, \end{array}\right\} \tag{8}$$

wenn wir $\nu$ als bekannt annehmen.

Umgekehrt, indem wir $l$ und $h$ gemäss (8) wählen, können wir ein Elementarsystem $P(0)$ von der Ordnung $\nu = nl + h$ definieren, so beschaffen, dass $|\lambda - P^n(0)|$ uns die Elementarteiler (7) liefert. Um die Aufgabe aufzulösen, hat man $l$ der Reihe nach die Werte $e, e-1, e-2, \ldots e-i$ zu erteilen und zu suchen, welche Werte von $h$ zulässig sind, damit die Elementarteiler der verschiedenen Determinanten $|\lambda - P^n(0)|$ die Klasse (6) erschöpfen. Es bleibt diese nur noch zahlentheoretische Frage in Bezug auf die Möglichkeit zu prüfen.

* * *

Zu diesem Zwecke wollen wir folgende Vereinbarungen treffen: Den $i+2$ Zahlen

$$e+1,\ e,\ e-1,\ \ldots\ e-i+1,\ e-i$$

sollen in derselben Anordnung die $i+2$ Variabeln

$$x,\ y,\ z,\ \ldots\ v,\ w$$

entsprechen. Ferner soll ein Produkt wie

$$x^h\, y^{n-h}$$

ein Elementarsystem $P(0)$ von der Ordnung

$$\nu = nl + h$$

Digitized by Google

vertreten. $h$ bedeutet den Exponenten des ersten Buchstabens $x$ und $l$ die der zweiten Variabeln $y$ entsprechende Zahl, also $l = e$. Hat man $x^n$ allein, dann schreibt man ausführlicher zur Bildung von $P(0)$:

$$x^n = x^n y^0$$

und dementsprechend nimmt man

$$v = ne + e.$$

In beiden Fällen, $h < n$ oder $h = n$, besitzt $|\lambda - P^n(0)|$ die Elementarteiler:

$\lambda^{e+1}$, $h$ Mal (entsprechend dem Faktor $x^h$),
$\lambda^e$, $n - h$ Mal (entsprechend dem Faktor $y^{n-h}$).

Der Potenz

$$(x^h y^{n-h})^{\varepsilon_h}$$

soll das durch $x^h y^{n-h}$ gekennzeichnete System $P(0)$, $\varepsilon_h$ Mal genommen, entsprechen.

Diesen Festsetzungen zufolge kann man jedem Gliede der folgenden unendlichen Summe:

$$\begin{aligned} \Sigma T = \Sigma\, & (x^n)^{\varepsilon_0} (x^{n-1} y)^{\varepsilon_1} \ldots (x y^{n-1})^{\varepsilon_{n-1}} \\ & (y^n)^{\delta_0} (y^{n-1} z)^{\delta_1} \ldots (y z^{n-1})^{\delta_{n-1}} \\ & \ldots\ldots\ldots\ldots \\ & (v^n)^{\gamma_0} (v^{n-1} w)^{\gamma_1} \ldots (v w^{n-1})^{\gamma_{n-1}} \\ & (w^n)^{\beta_0} \end{aligned} \tag{9}$$

eine Gruppe von Elementarsystemen $P(0)$ zuordnen. Das Summenzeichen $\Sigma$ erstreckt sich über alle ganzzahligen nicht negativen Werte der Exponenten

$$\varepsilon_0, \varepsilon_1, \ldots \varepsilon_{n-1}; \delta_0, \delta_1, \ldots \delta_{n-1}; \ldots; \gamma_0, \gamma_1, \ldots \gamma_{n-1}; \beta_0.$$

* * *

Existieren Lösungen unserer Aufgabe, so enthält die Reihe $\Sigma T$ mindestens ein Mal ein Glied $T$, das zusammengefasst die Gestalt annimmt:

$$T = x^{a_1} y^{a_2} \ldots v^{a_{i+d}} w^{a_{i+2}}. \tag{10}$$

Aus dieser Bemerkung lässt sich nun leicht eine notwendige und hinreichende Bedingung aufstellen für die Möglichkeit der Bestimmung der Elementarsysteme $P(0)$. Nehmen wir an, das Glied

Digitized by Google

$T(10)$ befinde sich in der Reihe (9) und sei aus dem Ausdrucke $T(9)$, bei bestimmten Werten von

$$\varepsilon_0,\ \varepsilon_1,\ \ldots\ \varepsilon_{n-1};\ \delta_0,\ \delta_1,\ \ldots\ \delta_{n-1};\ \ldots\ \gamma_0,\ \gamma_1,\ \ldots\ \gamma_{n-1};\ \beta_0$$

durch Zusammenziehen entstanden.

Die erste Zeile des betreffenden Gliedes aus $T(9)$:

$$(x^n)^{\varepsilon_0}\ (x^{n-1}\,y)^{\varepsilon_1}\ldots(x\,y^{n-1})^{\varepsilon_{n-1}}$$

enthält sicher einen Exponenten $\varepsilon_0, \varepsilon_1, \ldots \varepsilon_{n-1}$, der von 0 verschieden ist, weil die Variable $x$ tatsächlich im Produkte (10) vorkommen muss. Es lässt sich also immer die Zahl $d_1$ eindeutig so bestimmen, dass

$$\alpha_1 = n\,\varepsilon_0 + (n-1)\,\varepsilon_1 + \cdots + \varepsilon_{n-1} = \varepsilon\,n + d_1$$

ist, wo

$$0 < d_1 \leqq n$$

ist und wo $\varepsilon$ eine ganze, nicht negative Zahl bedeutet. Anders ausgedrückt:

$$d_1 \equiv \alpha_1\ (n)$$
$$0 < d_1 \leqq n.$$

Die erste Zeile kann einfacher geschrieben werden:

$$(x^n)^{\varepsilon}\ (x^{d_1}\,y^{n-d_1})\ (y^n)^{\varepsilon'}$$

$\varepsilon'$ bedeutet, sowie alle jetzt vorkommenden Exponenten, eine ganze, nicht negative Zahl.

Ist $n - d_1 < \alpha_2$, dann bestimmt man die Zahlen $d_2$ und $\delta$ aus der Gleichung:

$$\alpha_2 = \varepsilon' n + n - d_1 + n\,\delta_0 + (n-1)\,\delta_1 + \cdots + \delta_{n-1} = \delta\,n + d_2 + n - d_1$$

$$0 < d_2 \leqq n;\ 0 \leqq \delta$$

d. h. es soll $d_2$ die Kongruenz befriedigen:

$$d_2 + n - d_1 \equiv \alpha_2\ (n)$$
$$0 < d_2 \leqq n.$$

Die zweite Zeile kann man zusammenfassen zu

$$(y^n)^{\delta}\ (y^{d_2}\,z^{n-d_2})\ (z^n)^{\delta'}.$$

Wir setzen das Verfahren ähnlich fort zur Bestimmung von $d_3$, $d_4$, . . ., bis man zu einer Zahl $d_{s-1}$ gelangt, welche die Bedingung

Digitized by Google

$$n - d_{s-1} < \alpha_s$$

nicht mehr erfüllt. Nehmen wir z. B. an, es sei

$$n - d_1 = \alpha_2.$$

Man hätte für die erste Zeile:

$$(x^n)^e (x^{d_1} y^{n-d_1}) = x^{\alpha_1} y^{\alpha_2},$$

somit kann $y$ in der zweiten Zeile von (9) nicht vorkommen, also fällt diese weg. Dass die dritte Zeile mindestens einen Faktor enthält, dessen Exponent von 0 verschieden ist, folgt notwendig, weil die Variable $z$ im Produkt (10) zur Potenz $\alpha_3 \neq 0$ erscheint. Man hat also

$$d_2 = 0$$

zu setzen und $d_3$ ähnlich wie $d_1$ zu bestimmen aus der Kongruenz:

$$d_3 \equiv \alpha_3 \,(n)$$
$$0 < d_3 \leqq n.$$

Im allgemeinen, wenn

$$n - d_{s-1} = \alpha_s$$

ist, so setzt man

$$d_s = 0$$

und berechnet $d_{s+1}$ aus der Kongruenz:

$$d_{s+1} \equiv \alpha_{s+1} \,(n)$$
$$0 < d_{s+1} \leqq n,$$

dann $d_{s+2}$ aus

$$n - d_{s+1} + d_{s+2} \equiv \alpha_{s+2} \,(n)$$
$$0 < d_{s+2} \leqq n,$$

falls $n - d_{s+1} < \alpha_{s+2}$ ist; sonst setzt man wiederum

$$d_{s+2} = 0$$

u. s. w. Dieses Verfahren führt schliesslich zu der Gleichung:

$$n - d_{i+1} + \gamma' n + \beta_0 n = \alpha_{i+2}. \tag{11}$$

Wenn wir also die Zahl $d_{i+2}$ nach derselben Vorschrift bestimmen, wie die vorhergehenden $d_1, d_2, \ldots d_{i+2}$, dann hat man entweder

$$d_{i+2} = 0, \tag{12}$$

wenn $n - d_{i+1} = \alpha_{i+2}$ ist, oder

$$d_{i+2} = n, \tag{12'}$$

wie aus der Kongruenz

Digitized by Google

$$n - d_{i+1} + d_{i+2} \equiv \alpha_{i+2}(n),$$

verbunden mit der Gleichung (11) folgt.

Was diese Bedingung

$$d_{i+2} = 0 \text{ oder } n$$

anbetrifft, wollen wir bemerken, dass sie nur im Falle $e - i > 1$ gilt. Wäre nämlich $e - i = 1$, dann dürfte $l$ in der Formel

$$\nu = n\,l + h$$

den Wert 0 annehmen und $h$ alle Werte von 1 bis $n$. Dem Elementarsystem $P(0)$ von der Ordnung

$$\nu = h \leqq n$$

würde eine $n$-*te* Potenz entsprechen, die sich auf die Zahlenmatrix 0 reduzieren würde. Die Determinante $|\lambda - P^n(0)|$ hätte nur den Elementarteiler $\lambda$, $\nu$ Mal. Die letzte Zeile von (9) könnte man dann schreiben:

$$(w^n)^{\beta_0}\,(w^{n-1})^{\beta_1} \ldots (w)^{\beta_{n-1}},$$

Der Exponent von $w$ vertritt die Ordnung $\nu$ des Elementarsystems $P(0)$. An Stelle der Gleichung (11) tritt nun:

$$n - d_{i+1} + n\gamma' + \beta_0 n + \beta_1 (n-1) + \ldots + \beta_{n-1} = \alpha_{i+2}, \quad (11')$$

die der Zahl $d_{i+2}$ keine spezielle Einschränkung auferlegt.

Die abgeleiteten Zahlen $d_1, d_2, \ldots d_{i+2}$ erfüllen alle die Ungleichheit:

$$d_s \leqq \alpha_s \quad (s = 1, 2, \ldots i+2). \qquad (13)$$

Denn entweder hat man

$$n - d_{s+1} - \alpha_s,$$

und aus

$$n - d_{s-1} + d_s \equiv \alpha_s\,(n)$$
$$0 < d_s \leqq n$$

folgt

$$n - d_{s-1} + d_s \leqq d_s,$$

d. h.

$$\alpha_s - d_s \geqq n - d_{s-1} \geqq 0,$$

oder es ist

$$n - d_{s-1} = \alpha_s,$$

was zur Folge hat

$$d_s = 0 < \alpha_s,$$

oder endlich

$$n - d_{s-1} > \alpha_s.$$

Diese letzte Annahme führt uns zu einem Widerspruch. Sei etwa $n - d_1 > \alpha_2$. Die erste Zeile von $T(9)$ würde $y$ mindestens zum

Digitized by Google

Exponenten $n - d_1$ enthalten und der Exponent von $y$ in $T(10)$ müsste grösser sein als $\alpha_2$. Das ist unmöglich. Man hat also in der Tat die Ungleichheit (13).

Wir können jetzt die vorgelegte Frage bezüglich der Lösung der Grundaufgabe beantworten. Gegeben sei die lückenlose Klasse von Elementarteilern:

$$\lambda^{e+1},\ \alpha_1 \text{ Mal};\ \lambda^e,\ \alpha_2 \text{ Mal},\ \ldots\ \lambda^{e-i},\ \alpha_{i+2} \text{ Mal}. \tag{6}$$

Aus den Zahlen $\alpha_1, \alpha_2, \ldots \alpha_{i+2}$ leite man die Zahlen $d_1, d_2, \ldots d_{i+2}$ ab durch Auflösung folgender Kongruenzen:

$$\begin{aligned} d_1 &\equiv \alpha_1 \ (n), & 0 < d_1 \leq n \\ n - d_1 + d_2 &\equiv \alpha_2 \ (n), & 0 < d_2 \leq n \\ \ldots\ldots\ldots & & \ldots\ldots \\ n - d_{s-1} + d_s &\equiv \alpha_s \ (n), & 0 < d_s \leq n. \end{aligned}$$

Ist aber $n - d_{s-1} = \alpha_s$, dann soll

$$d_s = 0$$

genommen werden und $d_{s+1}$ aus $\alpha_{s+1}$ bestimmt werden, wie $d_1$ aus $\alpha_1$, u. s. w.

Damit es eine Gruppe von Elementarsystemen $P(0)$ gibt, die so beschaffen ist, dass die Gesamtheit der Elementarteiler der Determinanten $|\lambda - P^n(0)|$ die lückenlose Klasse (6) erschöpft, ist es notwendig, dass die Zahlen $d_1, d_2, \ldots d_{i+2}$ folgende Bedingungen erfüllen:

$$d_1 \leq \alpha_1;\ d_2 \leq \alpha_2;\ \ldots\ d_{i+2} \leq \alpha_{i+2}$$

und wenn $e - i > 1$ ist, muss ausserdem

$$d_{i+2} = 0 \text{ oder } n \text{ sein.}$$

Dass das Kriterium auch hinreichend ist, sieht man leicht ein.

* * *

Die binomische Gleichung

$$X^n = A$$

im Gebiete der Matrices ist lösbar, wenn die charakteristische Gleichung

$$|\lambda - A| = 0$$

die Wurzel $\lambda = 0$ nicht besitzt. Hat sie die Wurzel $\lambda = 0$, dann hat man die Elementarteiler der Determinante $|\lambda - A|$ aufzusuchen,

Digitized by Google

die derselben entsprechen. Sie bilden verschiedene lückenlose Klassen von Elementarteilern, wie z. B.

$$\lambda^{e+1}, \alpha_1;\ \lambda^e, \alpha_2;\ \ldots\ \lambda^{e-i}, \alpha_{i+2}.$$

Für jede solche Klasse bildet man aus den Zahlen $\alpha_1, \alpha_2, \ldots \alpha_{i+2}$ die Zahlen $d_1, d_2, \ldots d_{i+2}$, indem man die Kongruenzen auflöst:

$$\begin{aligned} d_1 &\equiv \alpha_1 (n), & 0 < d_1 \leqq n \\ n - d_1 + d_2 &\equiv \alpha_2 (n), & 0 < d_2 \leqq n \\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot & & \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot \\ n - d_{s-1} + d_s &\equiv \alpha_s (n), & 0 < d_s \leqq n. \end{aligned}$$

Sollte

$$n - d_{s-1} = \alpha_s$$

sein, dann nimmt man

$$d_s = 0$$

und bestimmt $d_{s+1}$ aus der Kongruenz

$$\begin{aligned} d_{s+1} &\equiv \alpha_{s+1} (n) \\ 0 < d_{s+1} &\leqq n \end{aligned}$$

usw. Wir gelangen nun zum folgenden Kriterium: Die binomische Gleichung

$$X^n = A, \text{ wo } |A| = 0,$$

ist dann und nur dann möglich, wenn für jede lückenlose Klasse von Elementarteilern

$$\lambda^{e+1}, \alpha_1;\ \lambda^e, \alpha_2;\ \ldots\ \lambda^{e-i}, \alpha_{i+2}$$

die aus den Multiplizitätszahlen $\alpha_1, \alpha_2, \ldots \alpha_{i+2}$ abgeleiteten Zahlen $d_1, d_2, \ldots d_{i+2}$ die Ungleichheiten

$$d_1 \leqq \alpha_1;\ d_2 \leqq \alpha_2;\ \ldots\ d_{i+2} \leqq \alpha_{i+2}$$

erfüllen und wenn ausserdem

$$d_{i+2} = 0 \text{ oder } n,$$

falls $e - i > 1$ ist.

Digitized by Google

# Über das Profil von Seewen-Schwyz und den Fund von Habkerngranit im Nummulitengrünsand.

Von

ARNOLD HEIM.

Hiezu Taf. I.

---

INHALT:

1. Tektonische Lage von Seewen;
2. Schichtfolge der Kreide;
3. Das Eocaen:
   a) Die Pilatusschichten (Kaufm.);
      α. Schichtfolge;
      β. Fauna;
      γ. Alter;
   b) Die Flyschgruppe;
4. Exotischer Granit im Grünsand des Lutétien von Seewen;
5. Bemerkungen zur Theorie der exotischen Blöcke;
6. Resultate.

## 1. Tektonische Lage von Seewen.

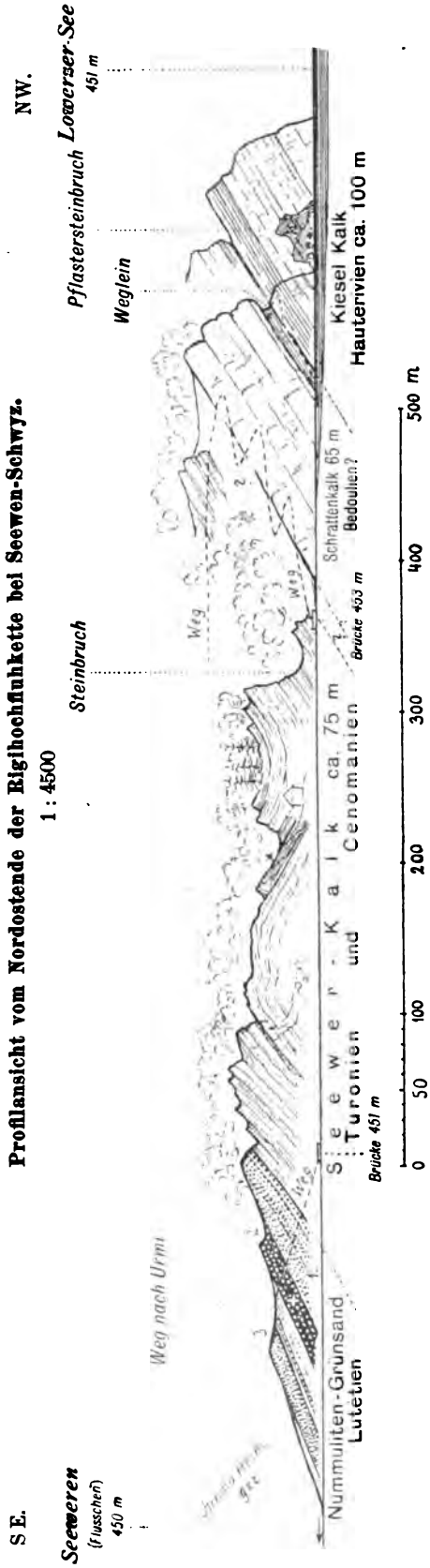
Das Dörfchen Seewen (Eisenbahnstation) liegt an der Stelle, wo die nördlichste Kreidekette, der Urmiberg (Rigihochfluhkette) gegen Nordosten endet. Die Kreidekette sinkt unter den Talboden. Auf der Nordostseite des Quertalstückes breiten sich ungeheure Massen von Flysch aus, auf denen die „Klippen" der Mythen obenaufsitzen. Die Kreidekette erscheint erst wieder im Aubrig bei Eutal (Einsiedeln). Wir werden später die wichtige Frage noch untersuchen, ob die Rigihochfluhkette die direkte Fortsetzung des grossen Aubrig ist und damit zur Säntisdecke gehört.

Während in der Rigihochfluh zwei grosse Kreide-Eocaen-Schuppen aufeinanderliegen[1]), besteht das Nordostende des Urmiberges nur noch aus einer einfachen, durchschnittlich 30° nach Südosten geneigten

[1]) Vgl. Profil von A. Buxtorf: Führer zu d. Exkurs. d. Deutsch. geol. Gesellschaft. August 1907 pag. 30 u. 37.



Digitized by Google




normalen Schichtreihe. Die scheinbare Faltung im Seewerkalk in der Ansicht der Figur nebenan ist bedingt durch das etwa 15 ° geneigte nordöstliche absinken der Kette in ihrer Längsrichtung. Diese Senkung ist besonders auffallend an der kleinen Seewerkalkwand, bei × in der Figur zu sehen. Ausserdem überraschen an dieser Stelle zahlreiche annähernd vertikale und nordnordöstlich ziehende Rutschflächen mit Streifen, die 30°—45° nach NNE geneigt sind. Es haben auch hier, wenn auch vielleicht nicht in dem Masstabe wie weiter östlich, Längsgleitungen oder Längsstreckungen in der nördlichsten Kreidekette stattgefunden. Auch zwischen Kieselkalk und Schrattenkalk einerseits, und zwischen Schrattenkalk und Seewerkalk findet ein Schichtenverlust statt.

## 2. Schichtfolge der Kreide.

Von unten nach oben (vgl. nebenstehende Figur):

**Valangien**

kommt am Lowerzersee nicht zum Vorschein.

**Kieselkalk.**

Der typische Hauterivien-Kieselkalk ist zirka 100 m mächtig.

Unterer Teil zirka 40 m massig-grobbankig.

Mittlerer Teil zirka 45 m in Bänken von meist 2—5 dm; grosser Pflastersteinbruch.

Oberer Teil zirka 15 m dünnbankig.

Digitized by Google

Die Ausbildung und Mächtigkeit des Kieselkalkes stimmt auffallend überein mit derjenigen der Säntisdecke im Walenseegebiet (Mattstock Amden) und mit dem des Aubrig. Wir finden aber auch den gleichen Typus bis zum Thunersee (Merligen).

**Altmannschichten und Drusbergschichten**

fehlen vollständig bei Seewen, vielleicht auch der unterste Schrattenkalk, also das ganze Barrémien, wohl infolge tektonischer Vorgänge[1]).

**Schrattenkalk.**

Die etwa 65 m mächtige Schrattenkalkwand, wie überall als Miliolidenkalk ausgebildet, muss wohl ganz oder grösstenteils dem unteren Aptien (Bedoulien) zugeschrieben werden.

**Gault.**

Ist nicht aufgeschlossen, fehlt wahrscheinlich tektonisch.

**Seewerkalk.**

Der Seewerkalk ist sehr schön und typisch entwickelt. Mit Recht hat Escher nach Seewen (vgl. Fig. pag. 378) den Namen Seewerkalk in die Wissenschaft eingeführt. In einem Steinbruch wird der dichte, plattige, flaserige Kalk als Baustein ausgebeutet. Er ist erfüllt mit den bezeichnenden mikroskopischen Foraminiferen Pithonella ovalis Kaufm., Lagena sphaerica Kaufm. etc.

Mit Unrecht wird der Seewerkalk fast allgemein als bis in das Senon reichend oder gar in der Hauptsache als Senon betrachtet. Und mit Unrecht wird die Bezeichnung „Seewer" auch auf die mächtigen Mergel im Hangenden des Seewerkalkes übertragen, die eine ganz neue Fauna von Cephalopoden und Gastropoden enthalten. Die Seewerschichten schliessen mit dem Turon ab; die hangenden Leibodenmergel, die bei Seewen vollständig fehlen, setzen mit einer untersenonen Fauna ein)[2]. Der Seewerkalk bei Seewen, vielleicht 75 m mächtig, hat lediglich cenomanes und turones Alter.

Um mir Klarheit über die obere Abgrenzung der als Seewer zu bezeichnenden Schichten zu verschaffen, habe ich die grossartigen Zementsteinbrüche bei Unter-Schönenbuch östlich Brunnen (südlichere

[1]) Herr Dr. A. Buxtorf, Basel wird in einer umfassenden Untersuchung näher darauf eintreten.

[2]) Eine Bearbeitung dieser neu aufgefundenen Faunen wird in den Abh. d. schweiz. pal. Ges. erscheinen. Man vergleiche die „Geol. Karte der Gebirge am Walensee 1:25.000". Bern, Francke 1907.

Digitized by Google

Facieszone) studiert, wo die obere mergelige Kreide im Gegensatz zu Seewen schön entwickelt ist. Der Seewerkalk geht wie immer sehr allmählich in die hangenden Mergel über. Allein die etwa 30 m mächtigen Mergel und Mergelschiefer scheinen mir noch älter zu sein als die Leibodenmergel mit Cephalopoden und Gastropoden, und die Leistmergel, die ich in Illgau-Muotatal und bei Iberg in grosser Mächtigkeit und gleicher Facies wie bei Amden wiederfand, scheinen am Nordrand des Morschachergewölbes noch völlig zu fehlen. So ist es also gerechtfertigt, die Bezeichnung „Seewer" für die unmittelbar aus dem echten Seewerkalk hervorgehenden mergeligen Schichten unter dem Niveau der Leibodenmergel noch als „obere, mergelige Seewerschichten" oder „Seewerschiefer" anzuwenden, nicht aber das Wort Seewer für die höhere senone Kreide zu gebrauchen.

## 3. Das Eocaen.

### a) Die Pilatusschichten (Kaufm.).

*α.* Schichtfolge.

Senon und Paleocaen bis und mit dem Yprésien haben keine Ablagerungen hinterlassen. Die Nummulitenbildungen liegen accordant unmittelbar auf dem kompakten Seewerkalk[1]).

Wir finden von unten nach oben:

1. dunkelgrünes Glauconitgestein, scheint steril zu sein; 15—20 m.
2. darüber liegt eine zirka 1,5 m dicke grüne Bank, die ganz mit Petrefakten erfüllt ist; vor allem Orthophragminen, Assilinen, auch Nummulinen und Pecten.
3. Darüber folgen, in unzusammenhängenden Rippen aus dem Rasen hervortretend, feinkörniger grauer Sandstein mit feinen Glauconitkörnchen und viel Glimmerschüppchen (vgl. Fig. pag 378).

*β.* Fauna.

Eine besondere Besprechung verdient die Glauconitbank 2 in Fig. pag. 378; es ist das schönste Nummulitengestein der Schweiz, das mir bekannt ist. Man findet frische Aufschlüsse 300 m südwestlich des Bahnhofes Seewen-Schwyz, an dem kleinen Weg, der nach Urmi führt. (Siegfriedblatt 260. am linken Rand).

Das polierte Grünsandgestein zeigt einen dunkelblaugrünen Schimmer ähnlich Labrador, unterbrochen durch die schwarzen Anschnitte der grossen Orthophragminen und weisslich gesprenkelten

[1]) Der scharfe Kontakt ist zwar bei Seewen nicht aufgeschlossen, aber sicher ist keine Mergelkreide und kein Paleocaen vorhanden.

Digitized by Google

Assilinen. Das Gestein würde sich wohl in hervorragender Weise verarbeiten lassen.[1])

Auf mehreren polierten Schliffen[2]) konnten folgende Species bestimmt werden:

1a. ***Assilina exponens*** J. de C. Sow. (mikrosphaerisch). D'Archiac et Haime, Monogr. d. Numm. Paris 1853 p. 148 pl. X. Fig. 1--10, typisch, grosse Form, bis 27 mm Durchmesser und 3 mm Dicke, stark gepfeilerte, granulierte Varietät; massenhaft!

1b. ***Assilina mamillata*** d'Arch. (megasphaerisch). D'Arch. et Haime, Monogr. d. Numm. p. 154 pl. XI Fig. 6—8; ziemlich häufig.

2a. ***Nummulina aturica*** Joly et Leymerie var. uranensis De la Harpe (mikrosphaerisch) (= N. crassa Boubée = N. perforata d'Orb). Joly et Leymerie, Mém. de l'Acad. de Toulouse, 1848 III, Vol. IV, p. 218, pl. II, Fig. 9—10. De la Harpe: Numm. de la Suisse; Mém. Soc. Pal. Suisse 1880—1883, Pl. III, F. 1—3. Schwach granuliert; bei den ausgewachsenen Exemplaren, die bis 24 mm Durchmesser haben, reichen die Pfeiler nicht bis an die Oberfläche, ziemlich häufig.

2b. ***Nummulina Rouaulti*** d'Arch. et H. (megasphaerisch), nicht sicher bestimmt.

3. ***Nummulina complanata*** Lamarck (mikrosphaerisch) (= N. millecaput Boubée) D'Arch. et Haime, Monogr. d. Numm. p. 87, pl. I, Fig. 1—3. Zwei Ex. sicher bestimmt, das grössere über 7 cm Durchmesser auf bloss 3 mm Dicke! vereinzelt.

4. ***Nummulina*** cf. ***Montis-fracti***[3]) Kaufm. (megasphaerisch) Kaufmann: Pilatus; Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz 1867 p. 148, Atlas Taf. VIII, F. 13—17. Querschnitt genau mit der Abbildung von Kaufmann übereinstimmend (3,5×1,7 mm), jedoch deutliche Embryonalkammer von 0,3 mm Durchm. Es scheint die megasphaerische, noch nicht benannte (?) Form der Kaufmann'schen Species zu sein, die man als „N. Sub-Montis-fracti" bezeichnen könnte; nicht häufig.

5. ***Orthophragmina discus*** Rütim. (Orbitoides) var. laevis n. Rütimeyer: schweiz. Numm. Terrain 1850 pag. 116 tab. V

---

[1]) Auf Taf. I ist jedes einzelne Glauconitkorn sichtbar.

[2]) Die Bestimmung der Nummuliten und Orthophragminen nahm ich im geol. Laborat. der Sorbonne in Paris vor, wo auch die nötigen Präparationen ausgeführt wurden. Ich bin den Herren Prof. Haug, J. Boussac u. H. Douvillé für ihre liebenswürdige Aufnahme und Belehrung zu ganz besonderem Danke verpflichtet.

[3]) Ein schöner Querschnitt auf Taf. I unten, senkrecht über A.

Digitized by Google

Fig. 71, 81. Kaufmann: Pilatus; Beitr. z. geol. K. d. Schweiz 1867 Lfg. 5 pag. 160, tab. X, Fig. 11–16; sehr grosse Form, mikrosphaerisch, bis 42 mm Durchmesser und 3 mm Dicke; schwach gepfeilerte bis pfeilerlose Varietät mit glatter Oberfläche, (zum Unterschied v. Kaufmann l. c. Fig. 14). Die Querpfeiler, wenn vorhanden, löschen bei den ausgewachsenen Exemplaren nach $^2/_3 - ^3/_4$ der Dicke aus. Tangentiale Dünnschliffe zeigen keine Pfeiler mehr[1]); massenhaft! (vergl. Taf..I)

6. ***Orthophragmina Bartholomei*** Schlumb. Schlumberger: B. S. G. Fr. 1903 pag. 281, pl. XI, Fig. 45, XII. Fig. 46—50; ein typischer Querschnitt (aber ohne deutl. Pfeiler), 16 mm lang u. 1,6 dick; selten.
7. ***Orthophragmina Archiaci*** Schlumb. Schlumberger: B. S. G. Fr. 1903 pag. 277 pl. VIII f. 5—7, 11.
8. ***Pecten*** in verschiedenen Arten, darunter von L. Rollier[2]). Pecten parisiensis (d'Orb). Desh. bestimmt.

F. J. Kaufmann[3]), dessen sorgfältige Arbeiten über das Tertiär der nördlichen Schweizeralpen noch unübertroffen sind, hat sich besonders eingehend mit den grossen Foraminiferen beschäftigt. Seine Liste von Seewen-Urmi gleicher Lokalität (l. c. p. 59) wird z. T. durch die angegebenen Formen erweitert, während ich anderseits die von ihm als N. Ramondi, striata und helvetica bezeichneten Species nicht gefunden habe.

γ. Alter der Grünsande.

Nach den neueren Forschungen der Pariser Geologen bieten die Nummuliten sehr wichtige Anhaltspunkte zur genauen Altersbestimmung[4]). Vorausgesetzt, dass dies für die Schweizeralpen gelte, müssen wir die Grünsande von Seewen unbedingt zum Lutétien stellen. Die erwähnten Nummuliniden gehen zwar in Frankreich und Italien ausnahmsweise in das Auversien hinauf, niemals aber in das Bartonien s. str. Da aber die höheren, im Flysch eingelagerten Nummulitenbildungen sowohl der Ostschweiz wie am Lowerzersee noch ganz den Faunencharakter des Lutétien tragen, müssen wir von der Zuordnung zum Auversien ganz absehen. Für das untere Lutétien ist keine Form entscheidend. Wenn wir das Lutétien nur in zwei Teile teilen, und im Sinne von J. Boussac

[1]) Diese schwach oder gar nicht gepfeilerte Varietät scheint überhaupt für das unterste Niveau der schweiz. Nummulitenbildung, die Grünsande des Lutétien mit Assilina exponens typisch zu sein.

[2]) L. Rollier: Les dislocations orogéniques des Alpes. Note additionnelle p. III. Soc. Jurassienne d'émulation 1906, erschienen 1908.

[3]) F. J. Kaufmann: Rigi. Beitr. z. geol. K. d. Schweiz. 1872. Lfg. 11.

[4]) J. Boussac: B. S. G. Fr. 4e Série t. VI. 1906 p. 560. H. Douvillé: Evolution des Nummulites. B. S. G. Fr. 1906, p. 23.

Digitized by Google

das „Lutétien moyen" zum „Lutétien supérieur" rechnen, so ergibt sich das Alter der Seewener Grünsande als oberes Lutétien.

Für die Schweizeralpen ist jedoch die Dreiteilung im Sinne von H. Douvillé praktischer. Wir stellen somit die „Complanataschichten" zum mittleren Lutétien.

Dieses Ergebnis stimmt ganz überein mit der Altersbestimmung der Complanata-Kalke am Thunersee (Kublibad) durch H. Douvillé[1]), der jene ebenso konkordant auf dem Seewerkalk liegenden und auch der gleichen Decke angehörenden Schichten als „Lutétien moyen" auffasst.

### b) Die Flyschgruppe.

Das hangende der Pilatusschichten, der „untere Flysch„ von Kaufmann, kommt südlich Seewen zum Vorschein und wird neuerdings bei Wylen zur Zementfabrikation ausgebeutet. Es ist ein mergeliger Tonschiefer, der nach Kaufmann Globigerinen enthält (Stadschiefer).

Auf der Nordwestseite des Urmiberges, am Lowerzersee, fallen die Flyschschichten unter die Kreidekette hinein und liegen vermutlich verkehrt. Zwischen Flyschmergel sieht man viele male (nach Kaufmann 7 mal) Nummulitenkalke normal zwischen Globigerinen-[2])Mergelflysch eingelagert. Ich verweise auf die vorzügliche Beschreibung von Kaufmann[3]) und will hier nur einige neue Bestimmungen hinzufügen.

Die Insel Schwanau, das nördlichste und von der Kreide entfernteste der vielen „Nummulitenriffe", wird aus einem grauen kompakten Kalk gebildet, der Glauconitkörner oder auch hervortretende Grünsandschlieren enthält. Streichen Ost 15° N, Fallen 50° S. Ich konnte die folgenden Arten bestimmen:

1a. Nummulina cf. aturica Joly et Leym. (mikrosphaerisch), massenhaft, Pfeiler auf den Septen; relativ kleine Form.

1b. Nummulina cf. Rouaulti d'Arch. et. H. (megasphaerisch), massenhaft, Pfeiler auf d. Septen.

2. Nummulina distans Desh. (mikrosphaerisch), Bestimmung nicht ganz sicher, selten.

3. Assilina exponens J. de C. Sow. (mikrosphaerisch), häufig, typisch, wie im Assilinen-Complanata-Grünsand (Pilatusschichten).

---

[1]) H. Douvillé: Evolution des Nummulites. B. S. G. F. 1906, p. 30.

[2]) Die gleichen Flyschmergel mit Globigerinen sind im Walenseegebiet zwischen Nummulitenkalken vorhanden.

[3]) F. J. Kaufmann: Rigi. Beitr. zur geol. Karte d. Schw., Lfg. 11, 1872, pag. 91—99.

Digitized by Google

4. Assilina granulosa d'Arch., grosse, dünnwandige Varietät; auch Übergangsformen von Ass. exponens u. A. granulosa vorhanden.
5. Orthophragmina Archiaci Schlumb. massenhaft, typisch und in grosser Varietät.
6. Orthophragmina discus (Rütim.) Kaufm. typisch, Netzfigur der Oberfläche wie von Kaufmann (1867 l. c.) abgebildet; kräftig gepfeilert, relativ dick und in der Mitte etwas angeschwollen, bis 34 mm Durchm. und 4,5 mm dick.
7. Ostrea gigantica Sol., ferner häufige Querschnitte von Serpula und Echinodermen.

Diese Fauna ist für Lutétien typisch. Der zwischen den „Pilatusschichten" und dem Nummulitenkalk der Schwanau liegende Flyschmergel mit Globigerinen muss also ebenso zum Lutétien und zwar zum oberen Lutétien gerechnet werden.

### 4. Exotischer Granit im „Complanata"-Grünsand.

Im Herbst 1907 fanden Herr Ed. Blösch und ich auf gemeinsamer Exkursion mitten in der auf pag. 380—382 beschriebenen Grünsandschicht 2 von Seewen, bei ✣ der Figur pag. 378 einen Einschluss eines rötlichen Granites. Es ist ein 10 cm langes Gerölle, unvermittelt eingehüllt von Grünsand; auf dem gleichen Handstück befinden sich massenhaft Assilinen, Orthophragminen, auch Pecten (vergl. Taf. I). Nicht die geringste Störung der Ablagerung ist mit dem Einschluss verbunden.

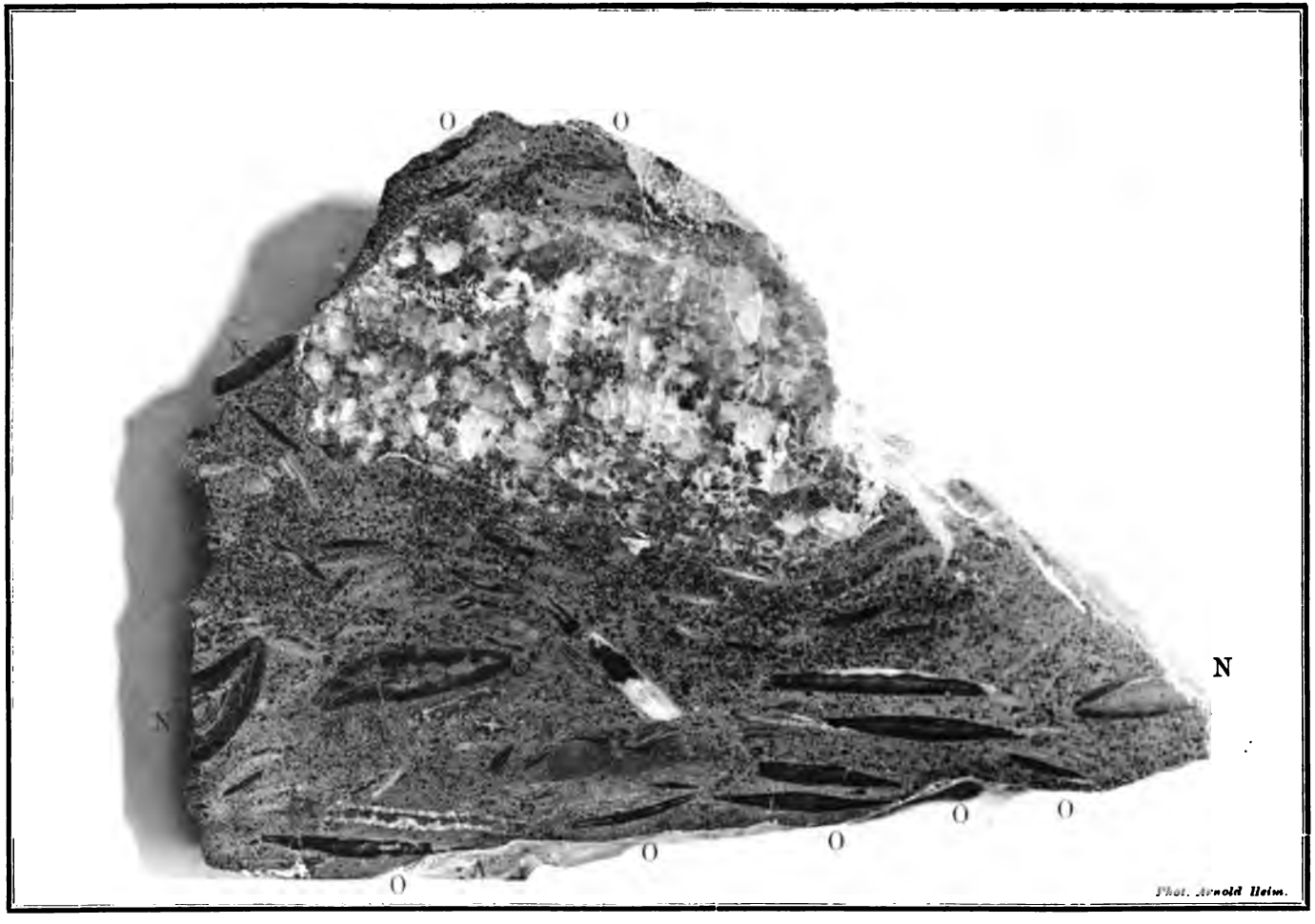
Ein Bruchstück des Granites kann zur Zeit noch im Grünsand bei Seewen beobachtet werden[1]). Eine nähere Prüfung ergab, dass der Granit ein typischer Habkerngranit ist. Er besteht aus rotem Orthoklas, farblosem und oliv-grünem Quarz, grüner Hornblende und Biotit, und ist nicht zu unterscheiden von gewissen etwas feinkörnigen Varietäten der exotischen Granite des Habkerntales bei Interlaken.

### 5. Bemerkungen zur Theorie der exotischen Blöcke.

Wie ist das Granitgerölle in den Grünsand von Seewen hineingelangt? Es ist überflüssig, noch besonders abzuleiten, dass jede Annahme eines tektonischen Hineinknetens ausgeschlossen ist. Es ist eine unbestreitbare Tatsache, dass der Habkerngranit zur Zeit der

[1]) Als ich neulich an der Stelle vorbeifuhr, schien die Fundstelle künstlich wieder zugedeckt zu sein.

Digitized by Google




**Exotischer Habkerngranit im Nummulitengrünsand des Lutétien von Seewen.**

4/5 natürlicher Grösse.

O = Orthophragmina discus; N = Nummulina aturica var. uranensis; A = Assilina exponens.

Digitized by Google

Digitized by Google

Bildung des Grünsandes in den Grünsand hineingelangt ist. Die Zeit der Einlagerung ist als Mitteleocaen, Lutétien festgestellt.

Wo war die Küste, von welcher der Granit herkommen konnte? Weder im Norden, noch im Nord-Osten, noch im Westen, noch im Südwesten; denn wir wissen, dass dort überall das Eocaen auf älteren Sedimenten abgelagert wurde, die keinen Granit liefern konnten. Und im Süden finden wir keinen solchen anstehenden Granit im Autochthonen und auch nicht in den Decken der Klippen. Er muss also wie die übrigen echten exotischen Blöcke noch weiter von Süden oder Osten stammen. Unter allen Umständen muss er von weit her gekommen sein. Aber wie kann ein Fluss einzelne Gerölle aus der Ferne her in ein Meer hineinbringen, Gerölle, die zudem in ihrer Grösse bis zu der eines grossen Gebäudes (Habkern) bekannt sind? Auch hier wieder scheint die Annahme einer Verbreitung auf Treibeis im Sinne von Favre 1867, Suess 1875, Schardt 1884, Renevier 1890, Sarasin 1894 die einzige Erklärung zu sein, die den Tatsachen keine Gewalt antut.

Ich habe 1907 gezeigt, dass alle exotischen Blöcke in der Ostschweiz (Amden) im Eocaen oder der obersten Kreide eingelagert sind. Auch die berühmten Blöcke von Habkern sind im eocaenen Flysch eingelagert. Trotzdem sprechen seither noch L. Rollier[1]) und A. Tornquist[2]) kurzweg vom Oligocaen-Flysch. Nach A. Tornquist sind entgegen meiner Auffassung die exotischen Blöcke „jungtertiäre (sollte heissen alttertiäre) Schuttmassen, welche auf den später vorgeschobenen alpinen Decken ursprünglich zur Ablagerung gekommen waren und bei der Bewegung dieser Decken von diesen herunter in die Flyschsedimente verschleppt wurden".[3])

Ich werde in einer Monographie der Churfirsten das Alter des Flysches mit exotischen Blöcken noch näher feststellen. An dieser Stelle kann ich vorausschicken, dass die eingehenden Studien der Nummuliteneinlagerungen meine bisherige Ansicht (Säntis-W 1905, Eclogae 1907) zur Tatsache erheben: Der helvetische Flysch der Ostschweiz, der die zahlreichen exotischen Blöcke enthält, gehört ausschliesslich zum Eocaen (Lutétien-Auversien). Oligocaener Flysch ist in den helvetischen Decken der Zentral- und

---

[1]) L. Rollier: Les dislocations orogéniques des Alpes. Soc. Jurassienne d'Emulation 1908. L. Rollier: Fossile Fauna der Schweiz im geogr. Lexikon d. Schweiz 1907.

[2]) A. Tornquist: Vorl. Mitt. über die Algäu-Vorarlberger Flyschzone. Sitzungsb. d. kgl. preuss. Ak. d. W. XXX 1907.

[3]) Gesperrt gedrucktes Schlussresultat l. c. pag. 599.

Digitized by Google

Ostschweiz unbekannt, und fehlt sicher im Gebiet von Amden. Die Hypothese von A. Tornquist war schon widerlegt, bevor sie geschrieben war; sie ist es jetzt von neuem. Denn jedermann weiss, dass in der Eocaenzeit unsere alpinen Decken noch nicht bestanden.

Einen anderen Fund eines fremden Einschlusses in Nummulitenschichten machte vor einigen Jahren mein Vater am Flibach bei Weesen. Er fand beim „Reservoir" im roten Kalk voll Nummuliten (besonders Assilina granulosa), Orthophragminen und Echiniden ein Bernsteingerölle eingeschlossen.

Den reciproken Fall von Seewener Granit im Nummulitengestein hat Kaufmann schon vor mehr als 30 Jahren entdeckt: lose Nummuliten in exotischem Granitgrus[1]).

## 6. Resultate.

Fassen wir kurz zusammen, zu welchen Schlussfolgerungen — die bekannten Erscheinungen der Blöcke im Flysch mit berücksichtigend — das Habkerngranitgerölle von Seewen Veranlassung gibt.

1. Die exotischen Blöcke der nördlichen Schweizeralpen sind primär in den eocaenen Schichten eingebettet. Die Deckenüberschiebungen sind jünger.
2. Der Graniteinschluss von Seewen lehrt, dass die exotischen Blöcke, im besonderen die Habkerngranite, in den für die nördlichen Schweizeralpen ältesten Eocaenschichten, dem Lutétien vorhanden sind.
3. Die Verbreitung der exotischen Blöcke ist nicht an die Flyschfacies (überhaupt nicht an eine bestimmte Facies) gebunden.

Die hier gegebenen Mitteilungen bestätigen meine früheren Aussagen[2]) über die Theorie der exotischen Blöcke in überraschender Weise. Sie mögen dazu führen, uns von der bisherigen Auffassung der Gebundenheit der exotischen Blöcke an die „Klippen" und ostalpinen Decken endgültig zu befreien.

---

[1]) Vergl. De la Harpe: Etude des Nummulites de la Suisse. Mém. Soc. pal. Suisse. Vol. VII 1880, pag. 85.

[2]) Arnold Heim: Zur Frage der exotischen Blöcke im Flysch. Eclogae geol. helv. 1907, Vol. IX, N. 3.

Digitized by Google

# Über Diploporen aus dem Schrattenkalk des Säntisgebietes.

Von

P. Arbenz.

Bei der mikroskopischen Untersuchung einiger Proben von Schrattenkalk aus der Wildkirchlihöhle bei Appenzell fielen mir einige gut erhaltene Bruchstücke von Algen auf, die mir einer genaueren Untersuchung wert schienen.

Es sind längliche, öfters schwach gebogene Kalkröhrchen, die am einen Ende wahrscheinlich geschlossen sind und stumpf endigen. Das best erhaltene Stück (Fig. 1), das mir zu Gesicht gekommen ist, misst 1,4 mm. Der Durchmesser beträgt 0,3 – 0,5 mm. Die Wandung der Röhrchen zeigt eine Dicke von 0,1 – 0,15 mm. Für den Hohlraum (Zentralkanal) bleibt ein Durchmesser von 0,1—0,2 (0,22) mm übrig. Die Wandung der Röhrchen wird von zahlreichen Poren durchbrochen, die in Wirteln angeordnet sind. Die einzelnen Porenwirtel liegen nahe beisammen und sind gleichmässig über das ganze Röhrchen verteilt. Der Abstand der Poren in einem Ring ist ungefähr gleich dem zwischen den nächsten Poren zweier benachbarter Ringe. Demgemäss zeigen die Poren in einem tangierenden Schnitte ungefähr gleichmässige Verteilung. Die Innenfläche der Wandung gegen den Zentralkanal ist glatt zylindrisch. In einem Falle (Fig. 3) zeigte sich ein sechseckiger Querschnitt. Die Aussenfläche dagegen zeigt häufig leichte Erhebungen (Ringwülste oder Höcker?) zwischen den einzelnen Porenreihen. Besonders gegen das geschlossene Ende des Kalkkörpers hin machen sich auf den Quer- wie Längsschnitten solche Verdickungen und Vorsprünge bemerkbar, so dass die Aussenkontur dieser Schnitte zackig erscheint. Stets liegen die Poren in den Vertiefungen zwischen den Höckern.

Die Porenkanäle sind stets gerade und durchbrechen die Wandung auf dem kürzesten Weg. Selten zeigt sich eine Erweiterung des

Digitized by Google

Porenkanals etwa in der Mitte der Wandung, viel häufiger hingegen erweitern sie sich kurz vor ihrer Mündung an der Aussenfläche. In einem Falle (Fig. 1) konnte ich in dieser Erweiterung einen dunkeln Körper wahrnehmen, vor dem sich der Kanal zu gabeln scheint (Sporangium?). Nicht selten erscheinen kleine halbkugelförmige Vertiefungen, ähnlich den genannten Erweiterungen der Porenkanäle, auch an der Innenfläche der Wandung. Ein Zusammenhang mit Kanälchen scheint nicht immer zu existieren (vgl. Fig. 4).

Fig. 1 Fig. 2

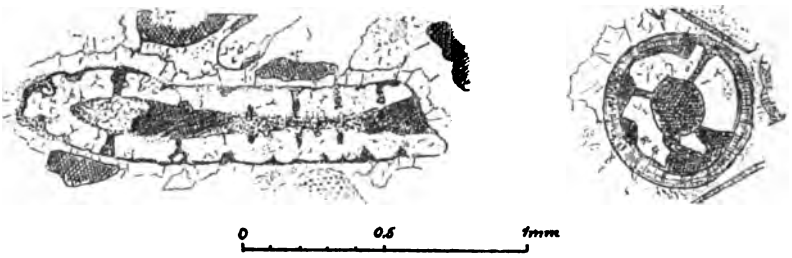



Fig. 3 Fig. 4 Fig. 5

*Diplopora Mühlbergi* Lorenz aus dem untern Schrattenkalk beim Wildkirchli (Säntisgebiet).

Fig. 1. Längsschnitt. Kleines Exemplar ohne Oolithrinde. Von den benachbarten Kalkkörnern und Echinodermenbruchstücken durch ein Calcitzement getrennt.
Fig. 2–5. Querschnitte, mit radialfaseriger Oolithrinde. (Durch Druck losgesprengt und wieder verfestigt in Fig. 3.)

Der Erhaltungszustand ist nicht derart günstig, dass man eine Struktur innerhalb der Wandung erkennen könnte. Der ganze Kalkkörper ist in ein Mosaik von feinen Calcitkrystallen aufgelöst, die in der Mitte der Wandung am grössten sind, gegen die Oberfläche und den axialen Hohlraum hingegen an Grösse abnehmen. In Fig. 1 sind alle Konturen, sowohl die gegen die Umgebung, als auch die der Poren unscharf. Letztere erscheinen z. B. unter starker Vergrösserung nur als ein Streifen von Calcit, der sich von der Umgebung durch seine stärkere Verunreinigung auszeichnet.

In einem Schliffe fanden sich im zentralen Hohlraum im Querschnitt vier rundliche Körner. Sie erscheinen als auffallend helle

Digitized by Google

Punkte in der sonst dunkeln Ausfüllungsmasse des Hohlraumes. Eine Deutung dieser Erscheinung zu geben vermag ich nicht. Keinesfalls handelt es sich um eingespülte Foraminiferen.

Da in der Regel nur Bruchstücke von Algenröhrchen vorliegen, so ist es begreiflich, dass man nur selten das geschlossene Ende eines Röhrchens antrifft. Verzweigungen konnten nirgends festgestellt werden. Nach meinen Beobachtungen möchte ich eine Verzweigung nicht für ausgeschlossen halten. Jedenfalls lasse ich die Frage offen, ob es sich um eingliedrige, röhrenförmige Arten oder um auseinander gefallene Segmente einer gegliederten Form handelt.

Nach der gegebenen Diagnose ist man berechtigt, diese Alge der Gattung *Diplopora*[1]) zuzuschreiben.

Die untersuchten Schliffe mit zahlreichen Algen stammen alle aus dem untern Schrattenkalk (= Barrémien supérieur) der sog. Wirtshaushöhle beim Wildkirchli. Wie gewohnt erscheint dieser Kalk als ein zoogenes Gestein der neritischen Facieszone, erfüllt von Milioliden. In geringer Menge erscheinen daneben andere Foraminiferen, wie Textulariden u. a. Bryozoen sind häufig. Äusserlich ist der Kalk deutlich oolithisch.

Die Kalkalgen repräsentieren im Maximum einen Dritteil aller Organismen und ca. einen Sechstel der ganzen Gesteinssubstanz. Meistens treten sie aber weit mehr zurück.

Im oberen Schrattenkalk (unteres Aptien), d. h. oberhalb des ersten massenhaften Auftretens der *Orbitulina lenticularis* fanden sich nur ganz vereinzelte Algen.

Das Vorkommen derartiger Algen in der untern Kreide ist von Seiten französischer Forscher schon längst bekannt gemacht worden.

Schon 1888 schreibt Kilian[2]) über die Urgonfacies: „Les restes de Foraminifères y sont abondants et sont accompagnés dans les calcaires par des débris qui pourraient appartenir à des Hydrozoaires et à des Algues calcaires."

Kilian und Hovelacque[3]) weisen 1897 auf diese Pflanzenreste hin, die sie in den Orbitulinaschichten von Voreppe (Isère) neben Milioliden fanden.

---

[1]) Das Genus *Diplopora* Schafh. ist für die Species *annulata* aufgestellt worden, d. h. für diejenige Art, die später von Gümbel mit dem Gattungsnamen *Gyroporella* belegt worden ist. Seit Benecke (1860) ist der Name *Gyroporella* für die Gruppe der *vesiculifera* aufbehalten worden, obwohl diese gar nicht in die Gümbelsche Definition hineinpasst. Für die Species *annulata* und alle andern verwandten Arten, also auch für unsere Art, hat der wohlbegründete Name *Diplopora* die Priorität.

[2]) Kilian. Description géologique de la Montagne de Lure (Basses Alpes). Paris 1888; p. 258.

[3]) Kilian et Hovelacque. Examen microscopique de calcaires alpins. Bull. soc. géol. de France (3) XXV, p. 638–640. 1897.

Digitized by Google

Im Jahre 1900 kommt Kilian[1]) wieder auf seine Entdeckung zurück und spricht von *Diplopora* und *Munieria* aus den untern Orbitulinaschichten (= Barrémien à facies urgonien).

Im gleichen Jahre erschien das grosse Tafelwerk von Kilian und Hovelacque[2]). Hier erscheinen diese interessanten Kalkalgen auf mehreren Mikrophotographien (Taf. 30, Fig. 2?; Taf. 34, Fig. 2; Taf. 45, Fig. 1—2; Taf. 46, Fig. 1—2; Taf. 49, Fig. 4), meist von der Lokalität Voreppe (Isère).

Man hat sich rasch davon überzeugt, dass es die gleichen Formen sind, wie die des unteren Schrattenkalks vom Wildkirchli. Beide Lokalitäten gehören in die gleiche Altersstufe, nämlich in das Barrémien mit Urgonfacies. Einen Namen hat ihnen Kilian, vielleicht des zweifelhaften Erhaltungszustandes wegen, nicht gegeben. Ebenfalls 1900 spricht Paquier[3]) vom Vorhandensein von Kalkalgen im Barrémien von Châtillon (Kilian, Album des microphotographies, Taf. 46, Fig. 2) und im Urgonkalk. Von Interesse ist die Notiz (S. 204) über die Häufigkeit der Algen: „Quant aux Algues calcaires, leur rôle est plutôt épisodique; on les rencontre parfois en assez grand nombre dans les calcaires marneux à Orbitolines, les véritables calcaires urgoniens n'en renferment que des fragments isolés".

1901 entdeckte Lorenz[4]) in der untern Kreide der Falknisgruppe, und zwar in einem Gestein, das er Tristelbreccie genannt hat, neben *Orbitolina lenticularis, Lituola, Milioliden, Bryozoen,* auch diese Kalkalgen, die er (S. 52) *Diplopora Mühlbergi* tauft, da ihm aus der Kreide eine solche Form nicht bekannt geworden ist. Auf Seite 52 bildet er 5 Exemplare ab. Die Beschreibung lautet (S. 52):

„(Sie) besitzen nur die Grösse von durchschnittlich 2 mm (gemeint ist die Länge). Sie sind schlanke, etwas gekrümmte röhrenförmige Gebilde, die sich an zwei Enden zuspitzen. (Von einer beidseitigen Zuspitzung ist auf keiner der Abbildungen etwas zu sehen.) Von dem axialen Hohlraum aus durchsetzen wirtelartig angeordnete Kanäle oder Äste die Kalkwand. Die Form der Äste variiert, bald

---

[1]) Kilian. Découverte d'Algues calcaires du groupe des Diplopores dans les calcaires triasiques du Pic d'Ecreins. Bull. soc. géol. de France (3) XXVIII, p. 87. 1900, séance du 19 Févr.

[2]) Kilian et Hovelacque. Album des microphotographies des roches sédimentaires. Paris 1900. (69 Tafeln mit je einer Seite Text.)

[3]) Paquier, V. Recherches géologiques dans le Diois et les Baronnies orientales. Grenoble 1900.

[4]) Lorenz, Theod. Geologische Studien im Grenzgebiet zwischen helvetischer und ostalpiner Facies. II. Der südliche Rhaetikon. Ber. d. Natf. Ges. Freiburg i./Br. XII (1901) 1902, S. 34—95.

Digitized by Google

sind sie gerade (gerade sind sie stets), bald erscheinen sie in der Mitte buchtig erweitert (!). Fig. 5 zeigt eine Andeutung von unregelmässiger Verschlingung der Primärschläuche (scheint mir höchst fraglich, eher Korrosionserscheinung). Von gesetzmässiger Bildung von Sekundär- und Tertiärästen sieht man nichts. (Verästelung ist auf den Figuren überhaupt nicht zu sehen.) Die Wirtelastlagen liegen nicht dicht übereinander, sondern lassen ein gutes Stück Kalkwand zwischen sich." (D. h. in einem Tangentialschnitt wie Fig. 3 erscheinen die Poren, wie bei unsern Algen, gleichmässig verteilt.) Die Wirtel liegen 0,2 mm übereinander.

Die Tristelbreccie besitzt eine grosse Verbreitung im Rhaetikon, nach v. Seidlitz[1]) fehlen aber in ihr die Diploporen im östlichen Rhaetikon[2]).

Wahrscheinlich hat auch Gerber[3]) diese Diploporen im Schrattenkalk der östlichen Kientaleralpen (Kt. Bern) beobachtet. Er spricht (S. 62) von einem ziemlich regelmässig zusammen mit den Urgonforaminiferen auftretenden Fossil, dessen Querschnitt wie ein Zahnrädchen aussehe.

Neuerdings hat Kilian[4]) in der Lethaea geognostica wiederum von den schon oben erwähnten Vorkommnissen berichtet. Die Algen der Barrême-Stufe (untere Orbitolinaschicht von Voreppe [Isère]) sind S. 87 in Mikrophotographien wiedergegeben.

Aber auch aus der untern Apt-Stufe, die unserem obern Schrattenkalk entspricht, werden von Kilian (loc. cit. S. 123) Algenvorkommnisse verzeichnet (*Bouëina, Diplopora, Triploporella,* alle aus der Gruppe der Codiaceen und Dasycladeen).

Die Diploporen kommen nach Kilian in der untern Kreide nur in der neritischen, speziell in der Urgonfacies vor und sind in der Regel Begleiter der Milioliden, Orbitolinen und Pachyodonten[5]).

---

[1]) W. v. Seidlitz. Geologische Untersuchungen im östlichen Rhaetikon. Ber. d. Natf. Ges. Freiburg i/B. XVI. 1906. S. 232.

[2]) Loc. cit. S. 276.

[3]) Gerber, Ed. Beiträge zur Geologie der östlichen Kientaleralpen. Neue Denkschriften d. Schweiz. Natf. Ges. XL, 2. 1905.

[4]) Kilian. Palaeocretacicum. (Frech, Lethaea geognostica. II. Teil, Bd. 3. Lief. 1. 1907.)

[5]) Kilian rechnet die Urgonfacies als „zoogene oder Rifffacies" richtigerweise zur allgemeinen Kategorie der neritischen Facies. Der Schrattenkalk ist wohl vorherrschend zoogen (Foraminiferen!), aber durchaus nicht riffartig.

„Allenthalben", sagt Kilian, loc. cit. S. 86, „bestehen diese Urgonkalke vorwiegend aus Foraminiferenschalen und zwar aus Milioliden und Orbitolinen, welche, mit Oolithkörnern und mit Resten von Diploporen (Kalkalgen) vermengt, die Gesteinsmasse bilden. ..... Korallen sind nur ausnahmsweise, meist lokal, angehäuft zu finden, so dass das Prädikat „korallogen" nicht passend für diese Bildungen gebraucht werden kann."

Digitized by Google

Auffallenderweise enthalten die neritischen Kalke des Valangien und Berriasien, so viel bis jetzt bekannt geworden ist, keine Diploporen. Dr. Arn. Heim legte mir eine ganze Anzahl von Schliffen aus Valangienkalk und Öhrlikalk (Berriasien) aus dem Säntis-Churfirstengebiet vor; ich konnte jedoch keine Algen darin finden, ebensowenig Orbitolinen, wogegen die Milioliden in diesen schrattenkalkähnlichen Gesteinen sehr zahlreich sind. Auch Kilian (loc. cit.) erwähnt keine Diploporen aus dem Valangien und Berriasien. Auch das Hauterivien scheint keine zu enthalten.

Die Diploporen der untern Kreide scheinen somit auf das Barrémien und Aptien in neritischer Facies beschränkt zu sein. Im Säntis-Churfirstengebiet, speziell beim Wildkirchli, sind sie im Barrémien (d. h. unteren Schrattenkalk) häufig, im Aptien (d. h. oberen Schrattenkalk) dagegen spärlich. Die Einreihung der Tristelbreccie ins Alter des Schrattenkalks erhält somit eine neue Stütze.

In erster Linie erscheinen diese Diploporen somit als typisches Faciesfossil der neritischen Zone, zusammen mit den Milioliden, dann aber auch, wenigstens lokal, als Leitfossil, so viel bis jetzt bekannt geworden ist.

Der Name *Diplopora Mühlbergi* Lorenz kann einstweilen auf alle diese Algen des Schrattenkalks ausgedehnt werden. Vielleicht liegen aber auch mehrere Spezies vor, wie denn überhaupt der Erhaltungszustand für eine genaue Beschreibung und Definition der Art nicht ausreicht.

In die oben gegebene Beschreibung sind Formen mit unregelmässigeren Porenkanälen nicht einbezogen worden. Es läge zwar nahe, auch sie zur *Diplopora Mühlbergi* zu rechnen, etwa als eine Subspezies, ich möchte ihnen aber nicht einen neuen Namen geben, bevor mir reichlicheres Material vorliegt. Diese letztere *Diplopora* ist weit seltener als die *D. Mühlbergi;* die Porenkanäle scheinen die Wandung schräg und in krummem Verlaufe zu durchsetzen. Verästelungen der Kanälchen scheinen vollständig zu fehlen.

Andere Kalkalgen.

Einige Algenreste zeigen eine gewisse Ähnlichkeit mit der Gattung *Munieria* v. Hantken (Deecke, Neues Jahrb. 1883 I, S. 1—14, Taf. I). Sie sind identisch mit den von Kilian (Album des microphotographies) Taf. XLVI, Fig. 2, wiedergegebenen Formen aus dem Barrémien von Voreppe, von denen Kilian mit Recht sagt, sie erinnern an die Gattung *Munieria* Deecke aus der untern Kreide von Bakony.

Digitized by Google

Digitized by Google

Die **„Vierteljahrsschrift"** der naturforschenden Gesellschaft in Zürich — in Kommission bei Fäsi & Beer — kann durch jede Buchhandlung bezogen werden. Bis jetzt sind erschienen Jahrgang 1—50 (1856—1905) als Fortsetzung der in 4 Bänden (1847—1855) veröffentlichten „Mitteilungen" der naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Vom 51. Jahrgange an beträgt der Preis der Vierteljahrsschrift 12 Fr. jährlich. Ältere Jahrgänge sind, soweit noch vorhanden, zu reduzierten Preisen erhältlich. Der 41. Jahrgang — Festschrift der naturforschenden Gesellschaft zur Feier ihres 150jährigen Bestehens — kostet 20 Fr. Er besteht aus der Geschichte der Gesellschaft (274 Seiten und 6 Tafeln), aus 35 wissenschaftlichen Abhandlungen (598 Seiten und 14 Tafeln) und einem Supplemente (66 Seiten).

Die seit **1799** in ununterbrochener Folge von der Gesellschaft herausgegebenen **„Neujahrsblätter"** sind ebenfalls durch die Buchhandlung Fäsi & Beer zu beziehen.

Seit 1865 sind erschienen:

G. Asper: Wenig bekannte Gesellschaften kleiner Tiere. 1881. R. Billwiller: Kepler als Reformator der Astronomie. 1878. Die meteorologische Station auf dem Säntis. 1888. K. Bretscher: Zur Geschichte des Wolfes in der Schweiz. 1906. C. Cramer: Bau und Wachstum des Getreidehalmes. 1889. A. Escher v. d. Linth und A. Bürkli: Die Wasserverhältnisse der Stadt Zürich und ihrer Umgebung. 1871. A. Forel: Die Nester der Ameisen. 1893. H. Fritz: Aus der kosmischen Physik. 1875. Die Sonne. 1885. E. Gräffe: Reisen im Innern der Insel Viti Levu. 1868. U. Grubenmann: Ueber die Rutilnadeln einschliessenden Bergkrystalle vom Piz Aul im Bündneroberland. 1899. C. Hartwich: Das Opium als Genussmittel. 1898. O. Heer: Die Pflanzen der Pfahlbauten. 1866. Flachs und Flachskultur. 1872. A. Heim: Einiges über die Verwitterungsformen der Berge. 1874. Ueber Bergstürze. 1882. Geschichte des Zürichsees. 1891. Die Gletscherlawine an der Altels am 11. September 1895 (unter Mitwirkung von L. Du Pasquier und F. A. Forel). 1896. Neuseeland. 1905. Der Bau der Schweizeralpen. 1908. K. Hescheler: *Sepia officinalis* L. Der gemeine Tintenfisch. 1902. J. Jäggi: Die Wassernuss und der Tribulus der Alten. 1884. Die Blutbuche zu Buch am Irchel. 1894. C. Keller: Über Farbenschutz in der Tierwelt. 1879. A. Lang: Geschichte der Mammutfunde (mit Bericht über den Fund in Niederweningen). 1892. G. Lunge: Beleuchtung sonst, jetzt und einst. 1900. A. Menzel: Zur Geschichte der Biene und ihrer Zucht. 1865. Die Biene. 1869. C. Moesch: Geologische Beschreibung der Umgebungen von Brugg. 1867. Wohin und warum ziehen unsere Vögel. 1877. Der japanische Riesensalamander und der fossile Salamander von Oeningen. 1887. J. Pernet: Hermann v. Helmholtz. 1895. M. Rikli. Kultur und Naturbilder von der spanischen Riviera. 1907. F. Rudio: Zum hundertsten Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft. 1898. E. Schär: Das Zuckerrohr. 1890. H. Schinz: Schweizerische Afrika-Reisende und der Anteil der Schweiz an der Erschliessung und Erforschung Afrikas überhaupt. 1904. G. Schoch: Ein Tropfen Wasser. 1870. Die Technik der künstlichen Fischzucht. Tabelle zur leichten Bestimmung der Fische der Schweiz. Fischfauna des Kantons Zürich. 1880. C. Schröter: Die Flora der Eiszeit. 1883. Der Bambus. 1886. Die Schwebeflora unserer Seen (das Phytoplankton). 1897. Die Palmen und ihre Bedeutung für die Tropenbewohner. 1901. A. Weilenmann: Über die Luftströmungen, insbesondere die Stürme Europas. 1876. Die elektrischen Wellen und ihre Anwendung zur drahtlosen Strahlentelegraphie nach Marconi. 1903. R. Wolf: Joh. Feer, Beitrag zur Geschichte der Schweizerkarten. 1873.

---

**Zur Beachtung.**

**Die Bibliothek ist täglich — mit Ausnahme von Sonn- und Festtagen — geöffnet von 9—12 Uhr und ½2—5 Uhr (im Winter bis zum Eintritt der Dunkelheit).**

Digitized by Google

# Vierteljahrsschrift

der

# Naturforschenden Gesellschaft

in

# Zürich.

Unter Mitwirkung der Herren

Prof. Dr. A. HEIM und Prof. Dr. A. LANG

herausgegeben

von

Dr. FERDINAND RUDIO,
Professor am Eidgenössischen Polytechnikum.

53 (4)

**Dreiundfünfzigster Jahrgang. 1908. Viertes Heft.**

Ausgegeben am 3. Mai 1909.

Zürich,
in Kommission bei Fäsi & Beer.
1908.

Ser
Bu
Switz
N-2
LIBRARY OF THE GRAY HERBARIUM
HARVARD UNIVERSITY
THE GIFT OF
H. Schinz
Digitized by Google

# Inhalt.


Seite

**E. Neuweiler.** Pflanzenreste aus der römischen Niederlassung Vindonissa 393

**H. Zangger.** Die Immunitäts-Reaktionen als physikalisches spez. als Colloid-Phänomen . . . . . 408

**F. Rudio.** Leonhard Euler . . . . . 456

**Alb. Heim.** Geologische Nachlese Nr. 20. Beweist der Einbruch im Lötschbergtunnel glaciale Übertiefung des Gasterentales? . . 471

**F. Rudio.** Notiz zur griechischen Terminologie . . . . . 481

**H. Schinz.** Mitteilungen aus dem botanischen Museum der Universität Zürich (XLIV).

I. Beiträge zur Kenntnis der afrikanischen Flora (XXII). (Neue Folge). Mit Beiträgen von A. Cogniaux (Genappe), A. Berger (La Mortola) und H. Schinz (Zürich) . . . . . 485

II. Beiträge zur Kenntnis der Schweizerflora (IX).

1. Begründung vorzunehmender Namensänderungen an der zweiten Auflage der „Flora der Schweiz von Schinz und Keller". Von Hans Schinz und A. Thellung (Zürich) . . . . . 493

2. Die Carex divisa Hudson und Carex distacha Desf. der Schweizer Autoren. Von A. Volkart (Zürich) . . . . . 594

3. Fumana ericoides (Cavan.) Pau in der Schweiz. Von Hans Schinz (Zürich) . . . . . 604

**F. Rudio** und **C. Schröter.** Notizen zur schweizerischen Kulturgeschichte

24. Der Plan einer Gesamtausgabe von Eulers Werken (Fortsetzung) 605

25. Nekrologe. Julius Schwarzenbach, Fritz von Beust . . 611

---

**E. Schoch.** Sitzungsberichte von 1908 . . . . . 616

**H. Schinz.** Bibliotheksbericht von 1908 . . . . . 623

Verzeichnis der Mitglieder auf 31. Dezember 1908 . . . . . 640


Digitized by Google

# Vierteljahrsschrift

der

# Naturforschenden Gesellschaft

in

# Zürich.

Unter Mitwirkung der Herren

Prof. Dr. A. HEIM und Prof. Dr. A. LANG

herausgegeben

von

Dr. FERDINAND RUDIO,
Professor am Eidgenössischen Polytechnikum.

**Dreiundfünfzigster Jahrgang. 1908.**

Mit einem Porträt und einer Tafel.

**Zürich,**
in Kommission bei **Fäsi & Beer** in **Zürich**
1908.

Digitized by Google

Gründungsjahr der Gesellschaft
1746.

Digitized by Google

# Inhalt.


Seite

**P. Arbenz.** Zur Tektonik Siziliens. Mit einer Profilansicht. . . 281
— Über Diploporen aus dem Schrattenkalk des Säntisgebietes . . 387
**Th. Erismann.** Zur Frage nach der Abhängigkeit der Gravitationskraft vom Zwischenmedium . . . . . 157
**A. Fliegner.** Zur Thermodynamik der vollkommenen Gase . . . 113
**U. Grubenmann.** Der Granatolivinfels des Gordunotales und seine Begleitgesteine . . . . . 129
**Alb. Heim.** Geologische Nachlese Nr. 19. Nochmals über Tunnelbau und Gebirgsdruck und über die Gesteinsumformung bei der Gebirgsbildung . . . . . 33
— Geologische Nachlese Nr. 20. Beweist der Einbruch im Lötschbergtunnel glaciale Übertiefung des Gasterentales? . . . 471
**Arn. Heim.** Über das Profil von Seewen-Schwyz und den Fund von Habkerngranit im Nummulitengrünsand. Hiezu Tafel I. . . 377
**H. John.** Die Abhängigkeit der spezifischen Wärme des festen Antimons und des festen Wismuts von der Temperatur . . . . . 186
**H. Kreis.** Auflösung der Gleichung $X^n = A$ . . . . . 366
**E. Neuweiler.** Pflanzenreste aus der römischen Niederlassung Vindonissa 393
**P. A. DuPasquier.** Beiträge zur Kenntnis des Thees . . . . . 295
**E. Rübel.** Untersuchungen über das Photochemische Klima des Berninahospizes . . . . . 207
**F. Rudio.** Georg Sidler. Hiezu ein Porträt. . . . . 1
— Leonhard Euler . . . . . 456
— Notiz zur griechischen Terminologie . . . . . 481
**F. Rudio** und **C. Schröter.** Notizen zur schweizerischen Kulturgeschichte
24. Der Plan einer Gesamtausgabe von Eulers Werken (Fortsetzung) 605
25. Nekrologe. Julius Schwarzenbach, Fritz von Beust . . 611
**F. Rusch.** Das Wechselfeld in Drahtrollen . . . . . 74
**H. Schinz.** Mitteilungen aus dem botanischen Museum der Universität Zürich (XLIV).
I. Beiträge zur Kenntnis der afrikanischen Flora (XXII). (Neue Folge). Mit Beiträgen von A. Cogniaux (Genappe), A. Berger (La Mortola) und H. Schinz (Zürich) . . . . . 485
II. Beiträge zur Kenntnis der Schweizerflora (IX).
1. Begründung vorzunehmender Namensänderungen an der zweiten Auflage der „Flora der Schweiz von Schinz und Keller". Von Hans Schinz und A. Thellung (Zürich) . . . . . 493
2. Die Carex divisa Hudson und Carex distacha Desf. der Schweizer Autoren. Von A. Volkart (Zürich) . . . . . 594
3. Fumana ericoides (Cavan.) Pau in der Schweiz. Von Hans Schinz (Zürich) . . . . . 603


Digitized by Google

Seite

**M. B. Schmidt.** Die anatomischen Grundlagen der Immunität und Disposition bei Infektionskrankheiten . . . . . 97

**H. Zangger.** Die Immunitäts-Reaktionen als physikalisches spez. als Colloid-Phänomen . . . . . 408

---

**E. Schoch.** Sitzungsberichte von 1908 . . . . . 616

**H. Schinz.** Bibliotheksbericht von 1908 . . . . . 623

Verzeichnis der Mitglieder auf 31. Dezember 1908 . . . . . 640

Digitized by Google

# Pflanzenreste aus der römischen Niederlassung Vindonissa.

Von

E. Neuweiler.

---

Die historische Geschichte ist uns überliefert durch Aufzeichnungen. In ihr können Abschnitte vorkommen, die uns nicht genügend bekannt sind. Die wenigen schriftlichen Überlieferungen sind zu mangelhaft, und da muss der Forscher wie für die Urzeit zum Spaten greifen, um den Kulturzustand, aus den Funden ergänzend, aufzuklären. Dies trifft auch für die römische Zeit unseres Landes zu.

Nachdem die Kraft des helvetischen Volkes durch die Niederlage bei Bibrakte gebrochen und es mit seinem Gebiete dem römischen Staatsverbande einverleibt war, entstanden in Helvetien römische Niederlassungen, deren wichtigste die an der römischen Heerstrasse gelegenen Städte und Standlager Aventicum und Vindonissa waren. Römische Kultur hielt ihren Einzug ins Land. Die Völkerwanderung hat vieles, ja das meiste zerstört und verwischt und über diese erste historische Zeit sind es weniger Aufzeichnungen, als vielmehr ausgegrabene Funde, die uns ein Bild von dem Einfluss der römischen Kultur in unserm Lande entrollen. Aber nicht überall, wo Niederlassungen der Römer entstanden, können solche Funde gemacht werden. Der Zufall und die richtige Ausnutzung desselben bringen manches Neue hervor. Zudem hat man bei frühern Ausgrabungen vieles vernachlässigt, was für die Erkennung des Kulturzustandes eines Landes von Bedeutung ist. Da sind vor allem die Pflanzenreste, welche bei solchen Funden nur allzuhäufig zu wenig Beachtung fanden, als wertlos bei Seite gelassen und nicht einmal gesammelt wurden. Und doch bieten gerade diese zur Vervollständigung des kulturellen Gemäldes hohes Interesse; bedenken wir nur, dass doch schliesslich die Existenzbedingungen eines Volkes in den Erzeugnissen des Bodens, in den



Digitized by Google

Kulturpflanzen, liegen. Dies wird für die prähistorischen Zeiten in noch ausgedehnterem Masse der Fall gewesen sein als es für heutzutage gilt, wo die Verkehrswege und -Mittel einen so raschen Austausch der Erzeugnisse auf dem ganzen Erdball ermöglichen. Auch Aufschlüsse über Handelsbeziehungen können wir erhalten. Ich erinnere dabei nur an Oswald Heers Pfahlbauflachs und das von ihm als *Silene cretica* bestimmte Unkraut und an die daraus gezogenen Schlüsse dieses Forschers, denen ich allerdings nach den Ergebnissen eigener Untersuchungen nicht beipflichten kann[1]). Aber namentlich auch dem Botaniker sind solche Funde in hohem Grade nützlich, indem sie ihm Einblicke in die Pflanzengeographie, in die Entwicklung der Pflanzenwelt einer Gegend gewähren können.

Bevor ich zu der zu besprechenden Lokalität und den einzelnen Resten übergehe, will ich noch einige Worte über die Berücksichtigung prähistorischer Pflanzenreste, die Menge, das Sammeln und die Bestimmung derselben vorausschicken. Da drängt sich die Frage auf: Warum haben gerade die Pflanzenreste eine so geringe Berücksichtigung gefunden? Da ist eben zu bemerken, dass ihnen gar keine Bedeutung beigemessen und von Archäologen an pflanzengeographische Gesichtspunkte gar nicht gedacht wurde. Sodann entgehen Reste wie Samen ihrer Kleinheit wegen leicht dem Auge des Ausbeuters; bei Holzresten, die recht zahlreich vorliegen, hat man sich meist damit zufrieden gegeben, solche einfach zu konstatieren oder sie mehr auf Geratewohl, als auf Grund genauer anatomischer Untersuchungen als bestimmte Holzart hinzustellen, ohne auch nur darauf hinzuweisen, dass eine Wahrscheinlichkeitsbestimmung vorliege. Da solche Angaben noch allgemein gehalten sind, bringen sie leicht Verwirrung, worauf ich früher[2]) hingewiesen habe.

Ein weiterer Umstand der Vernachlässigung liegt darin, dass die Untersuchung und Bestimmung der Pflanzenreste keine leichte ist. Die grosse Zahl der Interessenten ist mit den Schwierigkeiten bei derartigen Untersuchungen nicht vertraut, so dass einige Aufklärungen darüber am Platze sind. Ich zweifle nicht daran, dass sie der urgeschichtlichen Botanik und der Prähistorie überhaupt auch wieder Nutzen bringen werden.

Von Pflanzenresten liegen meist Sämereien (Samen und Früchte) vor. Es gehört Samenkenntnis dazu, die ungefähre Zugehörigkeit zu erkennen. Zur sicheren Bestimmung bedarf es einer weiteren genauen

[1]) Vgl. Neuweiler E.: Die prähistorischen Pflanzenreste Mitteleuropas mit besonderer Berücksichtigung der schweizerischen Funde. Vierteljahrsschr. naturf. Ges. Zürich. Jahrg. L, 1905 u. sep. bei Alb. Raustein Zürich, p. 70.

[2]) Neuweiler E.: l. c. p. 1 und 20.

Digitized by Google

Vergleichung mit den in Betracht kommenden Samen nach Form, Grösse, Gestaltung der Samenhaut und anderer, oft minutiöser Eigenschaften. Bestimmungstabellen fehlen, und so ist man auf dieses Vergleichsverfahren angewiesen, das noch dadurch erschwert wird, dass die Sämereien in vielen Fällen Veränderungen aufweisen, die eine Folge von Verkohlung wie Aufblähen, Schrumpfung, Verkürzung, Schwärzung, Sprödigkeit oder anderer Ursachen sind. Zu solchen kritischen Untersuchungen gehören denn auch Fachkenntnisse.

Bei Pfahlbauten treten die Sämereien häufig nestweise, in grösserer Menge auf; in Vindonissa und an anderen Orten liegen sie einzeln im Schutt. Wenn beim Sammeln und Auslesen nicht mit peinlicher Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit darauf geachtet wird, so können dabei leicht jüngere Reste hineinkommen, die sich nicht als solche erkennen lassen. Das ungeübte Auge übersieht die kleinen Samen, die sich nur durch Aufschwemmen ergeben. Dabei wird Schuttmaterial zerdrückt, und am besten in einer flachen, weissen Wanne mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt. Der von der Samenhaut umschlossene Teil der Samen ist infolge der Einwirkung von Feuchtigkeit herausgewittert; die Samen sind leicht und schwimmen, so dass sie mit einer Pinzette abgehoben werden können.

Holz, in grösseren Stücken als Baumaterial, in kleinern zu Werkzeugen und Geräten verwendet, ist durch das lange Liegen in feuchter Erde in Farbe und Konsistenz häufig verändert. Einige Arten lassen sich makroskopisch, mit blossem Auge oder mit Lupenvergrösserung am Querschnittsbild erkennen; die Mehrzahl der Hölzer verlangt jedoch eine mikroskopisch-anatomische Untersuchung. Auch diese führt nicht zum Ziel, wenn infolge Herauswitterung bei den Laubhölzern die Anordnung der Poren oder Gefässe allzustark verwischt ist.

Bei Funden von Pflanzenresten sollte ihre Lage genau fixiert werden. Neben sorgfältig ausgelesenem Material sollten zur Ergänzung der Resultate intakte Schuttstücke vorliegen. Der Verfasser ist gerne bereit, an ihn gelangende Pflanzenfunde zu untersuchen und zu bestimmen.

Meine Absicht war, die gesamten römischen Pflanzenfunde der Schweiz zu behandeln. Mangel an Zeit wird dieses Ziel aufschieben. In der Nähe von Brugg hat sich eine so reichhaltige und eigenartige Ausbeute ergeben, dass ich darüber besonders berichten will. Die bisherigen Pflanzenreste anderer römischer Lokalitäten der Schweiz sollen immerhin erwähnt werden.

In dem Gebiet der Irrenanstalt Königsfelden, an der Kalberhügel genannten Böschung, hart gegen die Bahnlinie am Abhange des Plateaus, auf dem im 1. Jahrhundert n. Chr. das Standlager für

Digitized by Google

eine römische Legion war — nach einander lagen die XXI. und XI. Legion darin — entdeckte man einen grossen römischen Schutthügel. Dieser Schutthügel besteht sozusagen ausschliesslich aus römischem Schutt und ist reich an Funden aller Art, welche das Museum in der Anstaltskirche Königsfelden zieren.

Nach Heierli[1]) „zieht sich über dem Kies, welcher den Untergrund der Terrasse ausmacht, am Grunde des Kalberhügels die alte römische Humusschicht hin, die viel Asche enthielt und in der zahlreiche Schnecken: *Helix arbustorum* und *Helix hortensis* zum Vorschein kamen. Über der harten alten Bodenoberfläche liegt nun die eigentliche Fundschicht. Sie ist schwärzlich, feucht, übelriechend und enthält zahlreiche römische Artefakte. Diese römische Fundschicht wird überlagert von einer humusreichen Schicht, die arm an Fundstücken erscheint und endlich folgt der Rasen, der den ganzen Hügel einhüllt." In der Fundschicht werden wohlerhaltene Holzbalken und Schwellen angetroffen, welche vier Etagen bilden und der der Verteidigung dienenden Palissadenwand eines Militärlagers anzugehören scheinen. Tierischen Ursprungs sind zahlreiche Tierknochen, Käferflügel, Fliegenlarven, Muscheln, z. B. Schalen von Austern, Leder. Die mikroskopische Prüfung eines Geweberestes hat sehr gut erhaltene feinste Schafwolle ergeben. Die Fundstücke sind durch Imprägnierung häufig bläulich gefärbt; ja es finden sich blaue runde Körner, welche nach C. Schmidt[2]) aus Vivianit, phosphorsaurem Eisen, bestehen. Sehr reichlich und in grossen Stücken sind Krystalle von Kalkspath eingelagert, die wohl in den Schutt hineingeraten sind. Die grosse Verschiedenheit dieser Reste, sowie namentlich auch der darin vorkommenden Unkräuter und andern pflanzlichen Reste lässt vermuten, dass es sich bei dieser Ablagerung von Abfallstoffen um einen grossen Kehrichthaufen handle. Gestützt wird diese Ansicht namentlich auch durch einen von Herrn Prof. Dr. M. Standfuss freundlich bestimmten Flügeldeckenrest von *Necrobia violacea* L. Dieser Käfer lebt an Küchenabfällen animalischer Herkunft als Larve wie Käfer und stellt sich auch ein an Speck, Würsten etc., die nicht genügend überwacht werden.

Zu verschiedenen Malen habe ich mit gefälliger Erlaubnis des Herrn Dr. med. Froelich, des Direktors der Irrenanstalt, aus diesem Schutthaufen Pflanzenreste ausgelesen und geschwemmt. Mit Ausnahme der Moose, eines Blattes des Kirschbaumes und von Strohteilen

[1]) Heierli J.: Vindonissa. I. Quellen und Literatur. Aarau 1906 p. 88.

[2]) Schmidt C.: Vivianit in den Diluvialtonen von Noranco bei Lugano. Eclogae geol. Helvetiae. Vol. IX, Nr. 1 p. 75/76.

Digitized by Google

haben sich Sämereien und Holz- und Kohlenstücke ergeben. In Sämereien sind die meisten bestimmten Pflanzenarten vertreten. Bei der Besprechung der einzelnen Arten will ich die Sämereien der nahrungsliefernden Nutzpflanzen vorausnehmen; ihnen folgen die der Unkräuter und wildwachsenden Pflanzen, denen sich die Holz- und Kohlenreste und zuletzt die Moose anschliessen.

## I. Sämereien der Nutzpflanzen.

Die Früchte der aufgefundenen Nutzpflanzen haben vorzüglich als Nahrung gedient; einzig beim Attich und bei der Kamille ist eine andere Verwendung anzunehmen. Dass an diesem, an Pflanzenresten sonst so reichen Fundorte so wenig Getreide vorliegt — unter den Getreidearten ist ein einziges Samenkorn der Gerste vertreten — klärt sich aus der Natur der Fundstelle auf. Wir haben es mit einem Kehrichthaufen zu tun, an den unnütze Abfälle wie ungeniessbare Steinkerne, Schalenstücke usw. hingelangten, aber an dem nicht die wichtigsten Nährpflanzen in bedeutender Menge zu erwarten sind. Folgende Pflanzen konnten bestimmt werden:

1. *Hordeum* sp., Gerste, 1 Samenkorn. Dass aber Getreide in reichlicher Menge gebaut wurde, ist nicht zu bezweifeln. Dafür spricht ein aufgefundener Mühlstein.[1]) Beweisend hiefür sind auch die römischen Getreidefunde von Baden und von Buchs im Kt. Zürich. Baden hat nebst anderen Pflanzen Weizen, Roggen, Hafer und Hirse in Sämereien geliefert und von Buchs hat Oswald Heer dieselben Arten bestimmt. Hirse, Weizen und Gerste gehörten nach zahlreichen Funden schon zu den häufigsten Körnerfrüchten der Eisen-, Bronze- und Steinzeit. Welcher Getreideart stark gepresstes, in Mist vorliegendes Stroh angehört, ist nicht sicher ermittelt.

2. *Juglans regia* L., die Walnuss oder Baumnuss. Davon finden sich zahlreiche gebrochene Schalenstücke und ein kleines bearbeitetes Holzstückchen, das von einem Brettchen abgebrochen zu sein scheint.

3. *Corylus avellana* L., die Haselnuss. Die zahlreichen Schalenstücke weisen wie bei der Walnuss darauf hin, dass die Früchte aufgeschlagen wurden. Nur selten zeigt sich eine ganze Nuss; doch war es möglich, das Vorkommen und Sammeln der beiden Formen darzutun: *Corylus avellana* L. f. *oblonga* G. And., die langfrüchtige Haselnuss und *Corylus avellana* L. f. *silvestris* hort., die kurzfrüchtige Haselnuss, sind jeweils durch eine ganze Frucht vertreten. Eine Frucht weist durch ein etwa 2 mm breites, rundes Loch auf einen Käfer,

[1]) Heierli J.: l. c. p. 90.

Digitized by Google

den Nussbohrer, *Balaninus nucum,* hin. Der Haselstrauch ist ebenfalls durch Holz- und Kohlenreste dokumentiert.

4. *Castanea vesca* Mill., die essbare Kastanie, liegt in einem wohlerhaltenen Samen vor.

Reichlich vertreten war in Vindonissa das Steinobst. Nicht weniger als fünf Arten: Pfirsich, Sauerkirsche, Süsskirsche, Zwetschge und Schlehe, die alle in den ungeniessbaren Steinkernen uns erhalten geblieben, schmückten den Tisch. Ganze Früchte wurden gar keine angetroffen.

5. *Prunus persica* (L.) Stockes, die Pfirsich, in zahlreichen, grossen, mit abgerundeten Runzeln versehenen Steinkernen ist prähistorisch bisher fast nur aus römischen Niederlassungen bekannt geworden. Sie sind wohl eingeführt worden, wie dies ja auch heutzutage noch zum grossen Teil der Fall ist.

6. und 7. *Prunus cerasus* L., die Sauerkirsche und *Prunus avium* L., die Vogel- oder Süsskirsche sind ebenfalls in häufigen Steinkernen auf uns gekommen. Die grosse Mehrzahl der gesammelten Fruchtsteine stimmt genau mit rezenten, mir vorliegenden Steinkernen der Sauerkirsche überein. Sie sind kleiner als diejenigen der Süsskirsche und zeichnen sich von ihr durch eine schärfere Kante auf der Rückenseite aus. Auch unter der Süsskirsche finden sich so kleinsteinige Formen, aber die Rückenkante scheint weniger scharf ausgeprägt, so dass die Zugehörigkeit der meisten Steinkerne zu *Prunus cerasus* gesichert ist. Auch die Süsskirsche liegt ohne Zweifel vor. Nach der Menge der aufgefundenen Fruchtsteine wäre die Sauerkirsche reichlicher als die Süsskirsche genossen worden. Ob sie ihr Vorhandensein wie die Pfirsich der Einführung aus dem Süden verdankt, ist nicht sicher zu stellen. Aus frühern Zeiten konnte sie bei uns nicht nachgewiesen werden. Die Süsskirsche dagegen ist einheimisch. Dafür spricht auch ein aufgefundener Stammteil mit Wurzel, an dem ein Blattrest klebte.

8. *Prunus domestica* L., die Zwetschge, ist bis dahin bei uns sicher nur in dieser römischen Fundstelle in über einem Dutzend Fruchtsteinen aufgefunden worden. Nüesch[1]) gibt sie für die neolitische graue Kulturschicht vom Schweizersbild an. Die Pfahlbauer scheinen sie nicht gekannt zu haben.

9. *Prunus spinosa* L., die Schlehe oder der Schwarzdorn, wenig häufig.

---

[1]) Nüesch J.: Das Schweizersbild, eine Niederlassung aus palaeolitischer und neolitischer Zeit. Neue Denkschriften schweiz. naturf. Ges. Bd. XXXV, Zürich 1896 p. 285.

Digitized by Google

10. und 11. *Sambucus nigra* L., der Hollunder und *Sambucus ebulus* L., der Attich sind in wenigen, der erste durch einen, der zweite durch zwei, Samen vertreten. Aus den Früchten des Hollunders mag man Konfitüre bereitet haben; die Verwendung des Attichs ist wenig aufgeklärt; vielleicht diente er als Farbpflanze.

12. Von *Daucus carota* L. liegt ein ganzes Teilfrüchtchen und ein Bruchstück eines solchen vor. Ob sie der kultivierten gelben Rübe oder der wildwachsenden Mohrrübe zuzustellen sind, lässt sich nich entscheiden.

13. *Cornus mas* L., die Kornelkirsche, in 3 Fruchtsteinen vorliegend, fehlt aus frühern Zeiten für die Schweiz. Sie ist für unser Land der einzige sichere Fund, während sie jenseits der Alpen aus etwa 20 prähistorischen Stellen bestimmt werden konnte.

14. *Matricaria chamomilla* L., die echte Kamille, die zu Abkochungen verwendet wird, liegt in 2 Früchtchen vor. Die Römer haben sie uns gebracht; denn aus frühern Zeiten ist sie unbekannt. Heute ist sie ein häufiges Unkraut.

## 2. Sämereien von Unkräutern und andern wildwachsenden Pflanzen.

Unter den Unkräutern finden sich viele, welche zu ihrem Gedeihen einen nährstoffreichen Boden verlangen. Diese Bedingung wird von einem aus Mist und Kehricht aufgebauten Schutthaufen vollständig erfüllt. Knöterich- und Ampferarten, Gänsefuss werden angetroffen. Da Getreidearten sozusagen fehlen, so sind auch sie begleitende Acker- und Getreideunkräuter, wie sie aus den römischen Funden von Baden bekannt geworden, nicht zu erwarten. Im allgemeinen bieten die vorliegenden, überall verbreiteten Pflanzen nicht besonderes Interesse; denn es haben sich keine besonderen Typen ergeben. Doch ist das eine nicht zu vergessen, dass sie Lücken im prähistorischen Florenkatalog ausfüllen und das pflanzengeographische Bild ergänzen. Nicht weniger als 12 von den 32 vorliegenden Pflanzen sind für die prähistorische Zeit neu; *Rumex conglomeratus, R. obtusifolius, Arenaria serpyllifolia, Ranunculus acer, Potentilla sterilis, Linum catharticum, Hypericum perforatum, Brunella vulgaris, Stachys silvatica, St. officinalis, Satureia calamintha, Alectorolophus.* In Sämereien sind folgende Arten vertreten:

15. *Scirpus* sp., wahrscheinlich *Scirpus compressus* L., die zusammengedrückte Binse. 1 Nüsschen.

16.—18. *Carex* sp. v., Segge. Wenige, drei verschiedenen Seggenarten angehörende Früchtchen und ein Wurzelstock.

19. *Rumex obtusifolius* L., stumpfblättriger Ampfer. Wenige Früchtchen.

Digitized by Google

20. *Rumex conglomeratus* Murr., Waldampfer. Wenige Früchtchen.

21. *Polygonum aviculare* L., Vogelknöterich. 4 Früchtchen.

22. — *convolvulus* L., Windenknöterich. 2 Früchtchen.

23. — *lapathifolium* L., ampferblättriger Knöterich. 2 Früchtchen.

24. — *persicaria* L., pfirsichblättriger Knöterich. 2 Früchtchen.

25. — *hydropiper* L., Wasserpfefferknöterich. 1 Früchtchen.

26. *Chenopodium album* L., weisser Gänsefuss. Zahlreiche Samen.

27. *Stellaria graminea* L., grasblättrige Sternmiere. Zahlreiche Samen.

28. *Arenaria serpyllifolia* L., quendelblättriges Sandkraut. 1 Same.

29. *Ranunculus acer* L., scharfer Hahnenfuss. Zahlreiche Samen.

30. *Ranunculus repens* L., kriechender Hahnenfuss. Zahlreiche Samen.

31. *Potentilla sterilis* (L.) Garcke, erdbeerartiges Fingerkraut. Zahlreiche Samen.

32. *Linum catharticum* L., Purgierlein. 4 Samen.

33. *Hypericum perforatum* L., durchlöchertes Johanniskraut. 2 Samen.

34. *Ajuga reptans* L., kriechender Günsel. 2 Teilfrüchtchen.

35. *Brunella vulgaris* L., gemeine Brunelle. Etwa ein Dutzend Früchtchen.

36. *Stachys silvatica* L., Waldziest. 6 Teilfrüchtchen.

37. *Stachys officinalis* (L.) Trev. (*Betonica vulgaris* L.), gebräuchlicher Ziest. 1 Früchtchen.

38. *Satureia calamintha* (L.) Scheele, Bergthymian. 1 Früchtchen.

39. *Alectorolophus* sp. [*hirsutus* (Lam.) All. oder *minor* (Ehrh.) Wimm. u. Grab.], Klappertopf. 2 Samen.

40. *Pedicularis palustris* L., Sumpfläusekraut. 1 Same.

41. *Galium aparine* L. var. *spurium* Wimm. und Grab., Kletlabkraut. 8 Samen.

42. *Galium mollugo* L., gemeines Labkraut. 2 Samen.

43. *Plantago lanceolata* L., Spitzwegerich. 1 Same.

44. *Valerianella dentata* Poll., gezähnter Ackersalat. 3 Früchtchen.

45. *Cirsium* sp. (*oleracea* L.?), Kratzdistel. Etwa ein Dutzend Nüsschen.

Digitized by Google

46. Spatelförmiges, flaches Früchtchen, das einer Cyperacee anzugehören scheint.

### 3. Holz- und Kohlenreste.

Zahlreiche Verwendung hat das Holz aufzuweisen; zu Bauwerken, zu Artefakten und Geräten und als Brennmaterial wurde es benutzt. Als Bauholz wurden Eiche, Fichte und Tanne zu Pfählen, Balken und Dielen der Palissadenwand verarbeitet. Die Holzgegenstände bestehen aus Weisstanne, Fichte, Ahorn, Buchs, Buche, Eibe, Nussbaum und Ebenholz. Im ganzen konnten aus 124 untersuchten Proben 14 Arten bestimmt werden, 3 Nadelhölzer und 11 Laubhölzer. Darunter sind, der Häufigkeit nach geordnet, folgende Arten vertreten: Weisstanne 43 mal, Eiche 34 mal, Fichte 11 mal, Buche 8 mal, Hasel 6 mal, Esche 5 mal, Ahorn 5 mal, Weide 3 mal, Eibe und Buchs je 2 mal und Walnuss, Süsskirsche, Birke, Ebenholz und ein unbestimmbares Laubholz je 1 mal. Wenn man von den Artefakten absieht, so sind 11 Arten in 96 Proben erkannt worden; nämlich Eiche 34 mal, Weisstanne 31 mal, Fichte 7 mal, Buche 7 mal, Hasel 6 mal, Esche 4 mal, Weide 3 mal und Ahorn, Eibe, Süsskirsche und Birke je 1 mal. Eiche und Tanne lieferten sonach weitaus den grössten Teil des Bauholzes. Die selteneren Holzarten Buchs, Nussbaum und Ebenholz, von denen das letzte exotisch ist, sind einzig in Artefakten, die im Museum aufbewahrt werden, vertreten. Über die genauere Bestimmung und Verwertung gibt folgende Zusammenstellung Aufschluss.

47. *Taxus baccata* L., die Eibe, welche an den spiralig verdickten Tracheïden im Mikroskop leicht zu erkennen ist, liegt in einem kleinen Holzstück und in einer Holznadel Nr. 2778 vor.

48. *Picea excelsa* Lk., die Fichte oder Rottanne, ist nachgewiesen durch das Vorkommen von Harzgängen und durch die mit kleinen behöften Tüpfeln versehenen Quertracheïden am obern und untern Rande der Markstrahlen. Von der Fichte sind drei der ersten Holzlage angehörende Bretterdielen in der Kirche aufbewahrt. Zwei im Freien liegende Dielen und zwei Holzstücke aus dem Schutt bestehen aus Fichtenholz. Drei Codicilli oder Schreibtäfelchen Nr. 2785, 2787, 2864 und ein Zapfen Nr. 2814 der Sammlung sind aus Fichtenholz verfertigt.

49. *Abies alba* Mill., die Weisstanne oder Tanne, weist keine Harzgänge und nur mit einfachen Poren versehene Markstrahlen auf. Von der ersten, obersten Holzlage liegen zwei, von der zweiten acht Tannenbretter in der Kirche. Von der vierten untersten Holzlage erwiesen sich drei als Tannenholz. Der grösste Teil der Etagenbelege ist daraus verfertigt. Aus Tanne bestehen ferner 18 kleinere

Digitized by Google

Stückchen Holz, wovon eins angekohlt, ein keilig zugespitztes Holz, ein rundes Brettchen, drei Fensterrahmen Nr. 2750, 2756, 2780, ein Schreibtäfelchen Nr. 2297, drei Fassdauben Nr. 2808, 2865, 2892, ein Holzkeil Nr. 2809, eine Kiste mit Nagel Nr. 2810 und ein zirka 1,5 m langes gebogenes Tragholz.

Der Unterschied in der Erhaltung des Fichten- und Tannenholzes ist auffallend. Das Tannenholz sieht recht frisch und unverändert aus. Die Dielen aus Fichtenholz sind aufgesprungen und zeigen zahl-

Phot. Froelich.

Erhaltung des Holzes von *Abies alba*, der Tanne (1), und von *Picea excelsa*, der Fichte (2 und 3).

reiche Längs- und Querrisse (vergleiche photographische Abbildung). Man kann dies ungleiche Verhalten geradezu als charakteristisches Merkmal betrachten. Es erhellt dies aus folgendem: Zuerst wurden die drei Dielenstücke aus der Kirche bestimmt. Erst bei ihrer Etikettierung fiel auf, dass nur die drei Rottannendielen durchfurcht waren, während bei keinem Weisstannenholz ein ähnliches Verhalten zu beobachten war. Darauf wurde schon beim weitern Sammeln auf solche Risse geachtet, und je nach deren Fehlen oder Auftreten wurden die Stücke provisorisch der Tanne oder Fichte zugewiesen. In allen Fällen bestätigte die anatomische Prüfung die provisorische Zustellung nach der Erhaltung. Des weiteren ergibt sich daraus, dass das Tannenholz gegen Feuchtigkeit viel widerstandsfähiger ist als das Fichtenholz.

Digitized by Google

Bemerkenswert ist das Fehlen der Kiefer, wie auch das Vorkommen der Fichte. Aus dieser römischen Niederlassung ist sie zum erstenmal konstatiert worden. Ich mache darauf aufmerksam, dass unter den vielen hunderten von Holzresten, die ich aus Eisen-, Bronze- und jüngerer Steinzeit untersucht habe, sich kein einziger als Fichte erwiesen hat. Unter den Holz- und Kohlenresten der paläolithischen Höhle im Kesslerloch bei Thaingen ist sie vertreten.[1]) Diese interessante Tatsache wird anderorts eingehender beleuchtet werden.

2. *Juglans regia* L., die Walnuss. Ein kleines, bearbeitetes Holzstückchen weist durch die zerstreuten grossen Poren und die feinen Querlinien im Sommerholz auf den Nussbaum.

3. *Corylus avellana* L., die Hasel, mit zusammengesetzten, im mikroskopischen Bild sich auflösenden Markstrahlen und zerstreut, oft in bäumchenartig verzweigten, radialen Reihen angeordneten Poren ist in zwei Holzstückchen und vier Kohlenteilchen nachgewiesen.

50. *Betula* sp., Birke, hat ein mit der weissen Rinde versehenes Zweigstück geliefert.

51. *Fagus silvatica* L., die Buche. Die deutlichen breiten Markstrahlen, die am Radialschnitt kurze glänzende Streifen bilden, lassen diesen Waldbaum leicht erkennen. Sie liegt in sechs kleinen Holzstückchen, einem Kohlenteilchen und einem runden Holzstiel Nr. 2759 vor.

52. *Quercus* sp., Eiche, makroskopisch an den schmalen und breiten Markstrahlen und an der Ringporigkeit schon zu erkennen, hat die grösste Menge Bauholz geliefert. Infolge des langen Liegens in feuchter Erde sieht es schwarz aus. Nicht weniger als 14 Pfähle und Balken, wovon der grösste, der ersten Holzlage angehörende und mit Zapfenlöchern versehene Balken 7,34 m lang war und 4 Dielen der dritten und vierten Lage, sowie 12 kleinere Holzstücke und 4 Kohlenreste gehören diesem vorzüglichen Nutzholze an. Artefakte sind keine daraus gefertigt. Aus der Brandschicht des Amphitheaters wurden 5 Kohlenstückchen untersucht, die sich ebenfalls alle als Eiche erwiesen.

In Avenches wurden über 50 Eichenpfähle aufgedeckt. Die meisten, im Kreise angeordneten Stücke befanden sich, nach mündlicher Mitteilung von Herrn Pfarrer Jomini, unter einer 2 m hohen Mauer inmitten der römischen Stadt. Zur Wasserleitung oder als Wasserbehälter mochte ein halbrund ausgehöhlter, trogartiger Eichenstamm von ca. 4 m Länge, 40 cm Breite und 40 cm Höhe dienen.

---

[1]) Neuweiler E.: Über die Pflanzen- u. Kohlenreste im Kesslerloch bei Thaingen in Heierli J.: Das Kesslerloch bei Thaingen. Neue Denkschr. schweiz. naturf. Ges. Bd. XLIII, Zürich 1907 p. 157.

Digitized by Google

7. *Prunus avium* L., die Süsskirsche. Das Holz zeichnet sich aus durch zahlreiche Markstrahlen und die ungleichmässig zerstreut, etwas radial schief angeordneten Poren. Der Porenring ist breiter als bei der Sauerkirsche. Das Holz stammt vom untern Stammteil mit dem Wurzelwerk, dem ein ziemlich gut erhaltenes Blatt anklebte.

53. und 54. *Acer* sp. Ahorn liegt in 5 Stücken vor und zwar konnte ein Esslöffel Nr. 2824 als *Acer campestre* L., Feldahorn, ein Sandalenabsatz Nr. 2890 als *Acer pseudoplatanus* L., Bergahorn, erkannt werden. Ein gedrehtes Rundholz Nr. 2773, ein Fasshahnen und ein kleines Holzstück gehören einer nicht näher festzustellenden Ahornart an. Das Querschnittbild des Ahorns weist zahlreiche Markstrahlen und viele zerstreute, zu 1—3 stehende Poren auf.

55. *Diospyros* sp., Ebenholz, zeigt grosse zerstreute Poren, in die eine dunkle Masse eingelagert ist. Daraus ist eine Holzflöte Nr. 2826 gefertigt.

56. *Fraxinus excelsior* L., die Esche, ist zerstreutporig. Die Poren sind meist gross und füllen fast den ganzen Jahrring aus. Das Holz wird nur von schmalen Markstrahlen durchzogen. Drei kleine Holzreste, ein zugespitztes angekohltes Stück und ein bearbeitetes halbrundes Brettchen mit Lochansatz an der geraden Seite gehören der Esche an.

57. *Buxus sempervirens* L., der Buchs. Pfriemenholz Nr. 2763 und Holzschachtel Nr. 2820 zeigen zahlreiche, sehr schmale und in der Stärke häufig etwas anschwellende und sich auskeilende Markstrahlen und gleichmässig zerstreute, einzelne Poren, wodurch sich der Buchs vom Ahorn unterscheidet.

58. *Salix* sp., Weide, ist durch drei kleine Holzstückchen erwiesen.

Bei der aus Laubholz bestehenden, runden gelochten Scheibe Nr. 2858 lässt sich die Art nicht ermitteln.

### 4. Moose.

59.—66. Die acht Moose von Vindonissa[1]) sind teils xerophile Steinbewohner, teils leben sie an sumpfigen und torfigen Stellen; *Thuidium tamariscinum* zieht Waldboden oder den Grund von Baumstämmen vor. Sie können zum grossen Teil an Ort und Stelle selbst gewachsen, zum Teil hingebracht worden sein. Die nicht gerade in grosser Menge vorkommenden Reste machen das erstere wahrscheinlicher. Von Moosen treten auf: *Aulacomium palustre* (L.) Schreb., *Eurynchium Swartzii* Curnow [=*E. praelongum* (L.) Br. Eur.

[1]) Für die gefällige Bestimmung derselben bin ich Herrn *Ch. Meylan* in La Chaux bei St. Croix zu aufrichtigem Dank verpflichtet.

Digitized by Google

var. *atrorubens* Brid.], *Hylocomium brevirostre* Br. Eur., *Hypnum cuspidatum* L., *H. molluscum* Hdwg., *H. stellatum* Schreb., *Mnium affine* Schwgr. var. *elatum* (= *M. Seligeri* Jur.) und *Thuidium tamariscinum* (Hdwg.) Br. Eur.

Aus der Brandschicht des Amphitheaters in der Bärlisgrube konnten fünf Pflanzen bestimmt werden: *Quercus* sp. in 5 Kohlenstückchen, *Ranunculus repens* in 3 Früchtchen, *Potentilla sterilis* in 2 Früchtchen, *Chenopodium album* in 1 Samen und *Valerianella dentata* in 1 Früchtchen.

Im benachbarten Baden sind bei römischen Ausgrabungen ebenfalls eine Reihe von Pflanzen, namentlich nahrungsliefernde Nutzpflanzen in grösserer Menge, begleitet von Unkräutern, aufgefunden worden.[1])

Aus Linse ergaben sich folgende Unkräuter: *Polygonum aviculare, P. convolvulus, Sherardia arvensis, Lamium* sp., *Galium aparine.* Im ganzen hat Baden 16 verschiedene Pflanzen geliefert.

*Triticum vulgare* Vill., Weizen in reichlicher Menge.
*Hordeum* sp., Gerste, ebenfalls in reichlicher Menge.
*Setaria italica* P. B., Kolbenhirse, wenige Körner.
*Avena sativa* L., Hafer, wenige Körner.
*Secale cereale* L., Roggen nach O. Heer.
*Bromus secalinus* L., Roggentrespe.
*Polygonum aviculare* L., Vogelknöterich.
*Polygonum convolvulus L.*, Windenknöterich.
*Silene* sp., Leinkraut.
*Vicia cracca* L., Vogelwicke.
*Vicia hirsuta* (L.), Koch, rauhhaarige Wicke.
*Ervum lens* L. var. *microspermum,* kleinsamige Linse.
*Lamium* sp., Taubnessel.
*Sherardia arvensis* L., Sherardia.
*Galium aparine* L., Kleblabkraut.
*Lampsana communis* L., gemeiner Rainkohl.

Die römischen Funde von Buchs im Kt. Zürich haben an Pflanzen 7 Arten ergeben: *Triticum vulgare, Setaria italica, Avena sativa, Secale cereale, Polygonum convolvulus, Vicia hirsuta, Ervum lens* var. *microspermum.*

---

[1]) Vergl. darüber auch:
a) Heer Oswald: Die Pflanzen der Pfahlbauten. 68. Neujahrsblatt zürch. naturf. Ges. auf das Jahr 1868.
b) Neuweiler E.: Prähistorische Pflanzenreste Mitteleuropas usw.

Digitized by Google

Dass von Aventicum Eichenpfähle vorliegen, wurde bereits weiter oben erwähnt.

Schliessen wir noch einige Betrachtungen über den Ursprung der Pflanzenreste von Vindonissa an! Da ist denn zu bemerken, dass sich aus diesem Gemisch einheimischer und fremder Pflanzen nicht immer sicher ermitteln lässt, was in der nähern Umgebung der Niederlassung gedieh, und was sein Vorkommen im Schutthaufen fremdländischer Einfuhr aus dem Süden verdankt. Ein Teil der auftretenden Früchte ist aus dem Süden bezogen worden. Essbare Kastanien und Pfirsiche werden jetzt noch meist aus jenen Gebieten eingeführt und da ist denn an Kultur in unserm Gebiet zur Römerzeit gewiss nicht zu denken, zumal diese Früchte für die vorrömischen Zeiten in unserem Lande auch unbekannt sind. Ob Sauerkirsche und Kornelkirsche ebenfalls wie die heutigen Südfrüchte unser Gebiet erreichten, oder ob diese Fruchtbäume schon gepflanzt wurden, lässt sich nicht leicht entscheiden; beides ist möglich. Der Umstand jedoch, dass sie in älteren Lokalitäten nicht aufgefunden worden sind, scheint eher für ihre Einführung durch die Römer zu sprechen. In diesem Falle erhebt sich die neue Frage, ob damals nur die Früchte oder auch ihre Kultur uns überbracht wurden. Ich stehe nicht an, die Ansicht auszusprechen, dass die Bewohner sich nicht bloss der Früchte, sondern auch der Kultur derselben erfreuten. Es darf nicht vergessen werden, dass das Fehlen in älteren Lokalitäten kein zwingender positiver Beweisgrund ist; könnte denn nicht die eine oder andere Pflanze, die für frühere prähistorische Zeiten nicht angegeben ist, für diese doch noch erwiesen werden? Gehören die Zwetschgenfunde vom Schweizersbild wirklich der prähistorischen Zeit an, so ist ihre frühere Existenz bei uns erwiesen, und die Deutung, dass ihre Einführung den Römern zu verdanken ist, hinfällig, mochte auch durch ihren Einfluss eine intensivere Pflege des Baumes Platz gegriffen haben. Es ist darauf hinzuweisen, dass unter den Pflanzen, deren Einführung den Römern zugeschrieben wird, eine Reihe früher bei uns vorkamen. Dies Verdienst jedoch gebührt ihnen, durch Einführung neuer, ertragreicherer Abarten die Pflanzenkultur gefördert zu haben. Zu solchen, schon vor den Römern bekannten Pflanzen sind wohl Sauerkirsche, Zwetschge, Pflaume, Weinrebe, Nussbaum zu zählen.

Das Holz zu den Artefakten entstammt zum weitaus grössten Teil unserer Gegend. Dass Ebenholz fremdländisch ist, ist ohne weiteres klar. So möchte es auf den ersten Blick auch von dem kleinen Stück Nussbaumholz und den Baumnüssen erscheinen. Das Gedeihen des Nussbaums in Helvetien ist nicht durchaus zu verneinen.

Digitized by Google

Schon früher[1]) habe ich darzulegen versucht, dass dieser Baum nicht erst durch die Römer, wie Plinius berichtet, aus Persien nach Italien eingeführt wurde, sondern dass sein Indigenat wie für Griechenland, so auch für Mitteleuropa anzunehmen ist. Die übrigen Holz- und Kohlenreste sind ebenfalls den bei uns gedeihenden Pflanzen zuzuzählen. Trotz der wenigen Funde gilt dies auch für die Getreidearten, sowie andere Feldfrüchte, die Unkräuter und die Moose. Unter den Unkräutern von Vindonissa befindet sich, abgesehen von der Kamille, kein einziges fremdländisches Unkraut.

[1]) Neuweiler E: l. c. p. 36—40.

Digitized by Google

# Die Immunitäts-Reaktionen als physikalisches spez. als Colloid-Phänomen.

Von

Heinrich Zangger.

---

Die vorliegende Arbeit[1]) soll die wesentlichen Tatsachen eigener und fremder Arbeiten zusammenfassen, die dazu dienen können, die einzelnen Phasen des Mechanismus bei den Immunitäts-Reaktionen nach den heutigen physikalisch-chemischen Kenntnissen zu charakterisieren. Dass bei den Heilungsvorgängen strukturierte colloidale Gebilde zerstört werden, ist klar, dass viele Substanzen, die dabei eine Rolle spielen, ebenfalls nicht den gewöhnlichen Gesetzen der Lösung gehorchen, weiss jeder, der mit den Methoden der heutigen physikalischen Chemie darnach gesucht hat.

Alle die Stoffe haben im Gegensatz zu den reinen Lösungen eine Gruppe von Eigentümlichkeiten, die wir unter dem Begriff des colloidalen Zustandes zusammenfassen; doch es muss gleich betont werden, dass dieser Begriff heute ein sehr grosses Gebiet und sehr variable Dinge umfasst, die noch mit neuen Methoden spezialisiert werden müssen.

Zuerst werden die bei den Reaktionen sich überall zeigenden Gesetzmässigkeiten beschrieben werden und speziell die charakteristischen quantitativen und zeitlichen Verhältnisse, daran anschliessend die Versuche der physikalischen Zerlegung und Synthese der Körperkomplexe, die die Vorgänge bedingen. Im zweiten Teil folgt die Besprechung der colloidalen Grenzschichten, der Membranen und der mit ihrem Bestehen und ihren Funktionen eng verknüpften Vorgänge:

Zerstörung der Membran, Lysis, Verquellung und Agglutination, Opsoninwirkung und eventuell Sekretion bei den Immunitäts-Reaktionen.

Zum Schluss werde ich versuchen, eine möglichst objektive Darstellung des Verhältnisses dieser Auffassung zu den andern Auffas-

---

[1]) Die vorliegende Arbeit erscheint im Auszug im ersten Band der Zeitschrift für Immunitätsforschung und experimentelle Therapie.

Digitized by Google

sungen zu geben und die Phasen der verschiedenen Theorien aus ihrer Zeit und den Vorstellungen der Zeiten zu entwickeln.

Die meisten neuen Tatsachen, die einer einheitlichen Auffassung bedürfen, liegen heute in den Experimenten vor, die zum Ausbau (zur Klärung) der Immunitäts-Reaktionen vorgenommen wurden; ihr Schwerpunkt liegt zum Teil in der Physiologie, zum Teil in pathologischen Vorgängen. Allen gemeinsam und für alle typisch sind Reaktionen, deren Verlauf durch den Colloidcharakter bedingt ist.

Nachdem ich versucht habe, in der letzten Arbeit[1]) das Problem der festen Colloide als Membranproblem qualitativ zu definieren, speziell in den bestimmte Substanzen lokalisierenden und die Reaktionen leitenden Funktionen, soll im ersten Teil dieser Arbeit zunächst allgemein die Stellung der Immunitäts-Reaktionen und der Colloid-Reaktionen überhaupt etwas näher definiert werden, dann die Funktionen von Membranen etc. in der Immunität spezieller besprochen werden.

Die erste Tatsache, die bei den folgenden Betrachtungen leitend ist, liegt in dem Umstand, dass die bei den Immunitäts-Reaktionen in Betracht kommenden Stoffe nicht gelöster Art, sondern in irgend einer Weise geformte, strukturierte Gebilde sind. — Es kommen also bei diesen Reaktionen immer mindestens zwei geformte Reaktionskomponenten in gegenseitige Beziehung. — Die Systeme sind also nicht homogen. In dieser Formung der Komponenten liegt die Vorbedingung aller räumlichen Beziehung und erst durch die gegenseitige Beeinflussung, das heisst, nachdem eine erste Bindung eingetreten, können, durch diese ausgelöst, neue gegenseitige Beeinflussungen erfolgen. Es superponieren sich also nach dem ersten Vorgang, der gegenseitigen Inanspruchnahme verschiedener colloidaler Komplexe, sekundäre Reaktionen physikalischer und chemischer Art, die speziell nach zwei Richtungen in Erscheinung treten können. In Betracht kommen folgende Prozesse, die sich hauptsächlich charakterisieren als Veränderungen der Beziehungen zum Milieu.

a) Abscheidungsprozesse, Präzipitation, Agglutination;

b) das Gegenteil, Verteilung und Affinitätserhöhungen der Colloide zum Milieu, Quellung, Lösung, Peptisation, Herauslösen eines Colloides aus einem andern Colloid, das sogar strukturiert bleiben kann (wie häufig bei Hämolyse und Bakteriolyse).

---

[1]) Vierteljahrsschrift der Naturforschergesellschaft Jahrgang 51, 1906; Jahrgang 52, 1907.
Diss. W. Frey, zur Theorie der Hämolyse 1907. Zürich.



Digitized by Google

Alle diese Körper zeigen die für die Biologie wichtigsten Eigenschaften nur in Kombination mit bestimmtem flüssigem Milieu, sind also im allerweitgehendsten Sinne abhängig von der Umgebung und den relativen Verhältnissen, und zwar nicht nur von der Struktur, Beweglichkeit des Milieu (Viskosität etc.), die ja auch bei typischen Lösungen von Einfluss sind, sondern sie werden durch alle bei den eigentlichen Lösungen transitorischen Einwirkungen, wie leichtes Erwärmen, Verdünnen, Schütteln, Stehenlassen, respektive mechanischen Einwirkungen (also auf gewöhnliche Lösungen unwirksamen Einflüsse) verändert, und zwar in bezug auf die Folgen der Veränderung in zwei verschiedenen Arten: Nicht mehr rückgängige Veränderungen und reversible, also unter Umständen mit der Zeit sich rückbildende Veränderungen. Der Schwerpunkt der Veränderlichkeit, die so schnell eintritt, dass die ganze Handhabung und der Erfolg von dieser Eigenschaft abhängt, resp. die das wesentlichste Hindernis der praktischen Anwendung der Immunkörper bildet, liegt in allen Punkten in den Colloidparallelen, in einem Gebiet der Abhängigkeit von Einflüssen, denen die Lösungen im allgemeinen nicht ausgesetzt sind.

Wenn die Analogisierung von Immunitätsvorgängen mit Colloidvorgängen noch stellenweise Unklarheiten enthält, so ist grossenteils die Ursache davon der Umstand, dass unsere Definitionen des Colloidzustandes heute in mancher Richtung noch unscharf sind. Soweit aber die Colloidprozesse genauer bekannt sind, finden sie sich in den Tatsachen heterogenster Art bei den Immunitätsvorgängen wieder.

Die hier in Betracht kommenden colloiden Substanzen, die unter sich in Beziehung treten, können ausserordentlich verschiedene Substanzpaare sein. Allen gemeinsam ist, dass sie in sich und mit dem Milieu (Wasser oder Kristalloidlösung) nicht im Gleichgewicht stehen, also in Spannungszuständen sind, die einem Ausgleich zustreben. — Eine spezielle Form des Zustandes solcher Systeme kann durch Lokalisation bestimmter Substanzen in Oberflächen auftreten, diese werden dadurch bestimmend in bezug auf die erste Annäherung und Einleitung von Reaktionen wirken; vergl. Schluss.

Auch kann bei sehr kleinen Komplexen die Aufnahme eines ausgesprochen elektrisch geladenen Bestandteiles (wohl infolge der grösseren Fernwirkung dieser Kraft) Annäherungen aufheben, aber auch begünstigen.

Bei grösseren Komplexen kann der gesamte substantielle Austausch durch eine dünne Oberflächenschicht sehr stark eingeschränkt werden. — Der Effekt beim Zusammentreffen gleicher Colloidkomponenten unter verschiedenen Bedingungen ist infolgedessen nicht immer identisch, indem die Colloide einerseits an sich variabel sind

Digitized by Google

und zweitens durch die erwähnten Veränderungen in ihren Aviditätsverhältnissen sehr weitgehende Abstufungen und Veränderungen erleiden.

Wir haben es mit physikalisch ausgedehnten Komplexen zu tun: Nicht alle Anteile, die reagieren könnten, liegen direkt an der Oberfläche; in diesem Sinne haben wir zweiphasige Systeme. Durch die Reaktion selbst werden dann in der zweiten Phase meist noch ganz andere neue Verhältnisse geschaffen.

Es frägt sich nun, ob derartige Systeme strukturchemisch aufgefasst werden dürfen und ob die Strukturchemie den Reaktionsverlauf etc. erklären kann aus der Konstitution, wie diese heute aufgefasst wird. Wann ist überhaupt die chemische Deutung eines Prozesses gerechtfertigt?

Wenn wir genügend Reaktionen haben, um chemische Konstitutionen anzunehmen, oder wenn sogar die auf den chemischen Strukturvorstellungen basierenden Synthesen geglückt sind, dann ist der Vorgang als chemischer eindeutig charakterisiert.

In vielen Fällen, wie zum Beispiel bei vielen Alkaloiden und Farben ist die Struktur nicht bis ins letzte bekannt, aber bestimmte Ersatzreaktionen, besonders die auf Umwegen reversibel durchführbaren, geben die Sicherheit, dass bestimmte Atomgruppen vorliegen, mit deren Veränderungen die Eigenschaft des Gesamtkomplexes in bestimmter Richtung und in einem bestimmten Grad dauernd verschoben werden.

Das ist also die Voraussetzung einer chemischen Auffassung von Vorgängen.

Was wissen wir in dieser Hinsicht über die Immunkörper? Wir kennen sie eigentlich nur aus einer Wirkung, deren Dosierung ferner bis heute nur auf biologische Art möglich ist. Jede Einwirkung aber, die wir als Voraussetzung für ein Erkennen der chemischen Konstitution hingestellt haben, zerstört die typische Eigenschaft des Körpers fast immer dauernd.

Bis heute wurde kein direktes Mittel bekannt, chemische und strukturelle Eigentümlichkeiten oder Atomgruppierungen in Immunkörpern festzulegen[1]). Wir müssen wohl bekennen, dass die Benennungen Analogisierungen waren, die seinerzeit am nächsten lagen, die die damals bekannten Tatsachen mit gewohnten assoziativen Gedankenreihen verknüpften und übersehbarer gestalteten; aber es

[1]) Nach Hausmann ist die Cholesterin-OH-Gruppe entscheidend für seine Wirkung, Besetzung derselben verändert selbstverständlich auch die Löslichkeit und die Beziehungen zum Wasser; dieser Umstand spricht aber nicht gegen die Bedeutung des Colloidalzustandes.

Digitized by Google

mussten immer mehr Hilfshypothesen herbeigezogen werden, ohne dass es gelang, durchgreifend wesensidentische Parallelen in dem Gebiet zu finden, denen die Vorstellungen entnommen waren.

Man hat in Anbetracht der Unmöglichkeit, die gewöhnlichen chemischen Methoden anzuwenden, vielfach versucht, den chemischen Charakter auf indirektem Wege nachzuweisen.

Der Entscheid, ob ein Vorgang chemische Reaktion oder physikalische Erscheinung sei, wird heute schon oft in etwas summarischer Weise getroffen: als nicht chemisch charakterisiert, wenn die Vorgänge Absorptionsgesetzen folgen, das heisst wenn die gegenseitige Bindung von Komponenten nicht den typischen Gesetzen der chemischen Massenwirkung (in Lösungen) entsprechend erfolgt, sondern nach einer Exponentialformel verläuft.

Es hat sich die Gewohnheit eingebürgert, eine reine Absorption anzunehmen, wenn der Verlauf der Kurve sich approximativ durch eine logarithmische Kurve wiedergeben lässt; dieser Kurvencharakter ist als wesentlichstes Criterium aber sehr anfechtbar.

Mit dem Wort Absorptionsgesetz gibt man sich leider ohne weiters zufrieden. Das mag in absolut einfachen Verhältnissen, wo nur eine Substanz colloid oder fest ist, genügend sein, weil es dort mindestens möglich ist, dass nur eine Art von Prozess die quantitativen Verhältnisse bedingt.

Liegen aber zwei Substanzen variabler — gegenseitig beeinflussbarer — Natur vor, so kann die logarithmische Kurve auch erscheinen; das heisst, eine sukzessive Abnahme der in der Zeiteinheit verlaufenden Vorgänge mit asymptotischer Annäherung, kann eine reine Absorption vortäuschen, während sich der Vorgang aus mehreren Vorgängen, ja sogar Stufen- resp. Folge-Reaktionen zusammensetzt, die vor allem auch nach Abschluss der für uns fassbaren — daher allein messbaren — Reaktionsresultante noch weiter gehen können.

Zu der Absorption an gekrümmten Flächen kommen bei Colloiden die Imbibition und das Eindiffundieren in andere Massen, was seinerseits zeitlich ungleich verlaufende Vorgänge zur Folge hat, welche eine weitere Imbibition ermöglichen, beschleunigen, oder auch aufheben können.

Wenn ein Vorgang nach solchen Gesetzen verläuft, die sich aus der Lehre von den Reaktionsgeschwindigkeiten und speziell vom Reaktionsgleichgewichte herleiten, so hält man seine chemische Natur für erwiesen. Nun hat sich aber gezeigt, dass die Konsequenzen, die sich aus der Annahme der Adsorptions- und Diffusionsphänomene

Digitized by Google

ableiten, für das Gleichgewicht und für den zeitlichen Verlauf formal identisch sind mit den chemisch abgeleiteten.

Es lässt sich daher in diesem Gebiete nie entscheiden, vor allem nicht durch blossen Vergleich des Kurvencharakters, ob z. B. eine leicht dissozierende chemische Verbindung oder eine einfache Adsorption vorliegt; ebenso kann ein Diffusionsphänomen den Gang einer monomolekularen Reaktion täuschend nachahmen.

Zum Unglück haben alle diese Kurven, durch die man diese Verhältnisse ausdrücken kann, von vornherein gewisse Stücke gemeinsam. Zur Zeit 0 ist die umgesetzte Menge gleich 0; die Beeinflussung des Gleichgewichtes und der Geschwindigkeit erfolgt in allen Fällen in gleichem Sinne wie die Konzentrationen. Sowohl bei den chemischen als auch bei den physikalischen Vorgängen dieser Art ist immer ein asymptotischer Verlauf zu konstatieren; d. h. vollständige Sättigung tritt erst bei sehr grossem Überschuss, vollständiges Gleichgewicht erst nach sehr langer Zeit ein.

Ferner sind die Versuche auf dem Immunitätsgebiet doch unvermeidlich mit wesentlich grösseren Fehlern verknüpft, als etwa einfache chemische Reaktionen oder Untersuchungen über die Diffusion von Kristalloiden.

Es ist dabei nur zu begreiflich, dass die Klasse von Kurven, die den genannten Bedingungen genügt (0 Punkt, gleichsinniger Verlauf, Asymptote) durch geeignete Wahl der Konstanten immer die Versuchsergebnisse so gut wiedergeben wird, als es nach der Versuchsmethodik überhaupt möglich erscheint. Es muss also ausdrücklich davor gewarnt werden, ohne Versuchsreihen, die sich auf weite Intervalle sämtlicher Variabeln beziehen, Schlüsse auf die Natur des Vorganges aus den Kurven zu ziehen.

Die oben geschilderten Verhältnisse sind die einfachsten, die bei Reaktion von zwei Colloiden vorliegen können. Die Colloid-Vorgänge müssen wir also in die einzelnen sich bedingenden Teilreaktionen aufzulösen suchen.

Bei den natürlichen colloidalen Strukturen (Zellen, Bakterien, Membranen) superponieren sich noch viel mehr einzelne Zwischenreaktionen, die den Zeitcharakter der Kurven bedingen können, immer aber sind es physikalische Vorgänge (wie auch aus der Art der Abhängigkeit von der Temperatur hervorgeht): Lösungs- und Einschmelzungsprozesse oder etwas Analoges, kurz, Auflösungsprozesse strukturierter, fester Anteile, zum Teil vorhergehende Permeabilisierung, wie sie bei Membranen vorkommen, oder Fällungen, Verfestigungen der Reaktionsmasse gegenüber dem flüssigen Milieu, resp. Anteil. Dies sind

Digitized by Google

bis heute die Vorstellungen und Analogien, Parallelen, nach denen die Prozesse zu beeinflussen sind, und unser biologisches Ziel liegt in dieser Richtung.

Es frägt sich, inwieweit diese spezielle Auffassung gerechtfertigt und sachlich den Tatsachen adäquat ist, und in welchem Verhältnis die logischen Konsequenzen der Theorie zu der Erfahrung stehen.

Sachlich scheint die chemische Theorie nicht begründet, da über die Chemie der Immunkörper überhaupt nichts sicheres bekannt, auch erscheint sie in ihren Konsequenzen nicht haltbar, weil die chemischen Vorstellungen bei der grossen Variation der Tatsachen zu starr erscheinen, um sich, trotz aller Hilfshypothesen, der Vielfältigkeit der Erscheinungen anzupassen.

Infolgedessen war es notwendig, nach andern Vorstellungen zu suchen, die eine gedankliche Beherrschung der Gebiete ermöglichten. Diese Vorstellungen sind heute nach dem Erwähnten gegeben in dem grossen Erscheinungsgebiet der Colloide.

Nachdem sich die Erkenntnisse der Immunität ausgedehnt haben in ihren allgemeinen Konsequenzen auf die Pathologie und Physiologie, zum Teil notwendigerweise auch auf die Pharmakologie etc., boten gerade diese unabhängig gefundenen Tatsachen ein Feld, die chemisch-physikalische Erkenntnis der letzten Jahrzehnte auf objektive Tatsachenreihen anzuwenden. Die rein chemische Theorie stellte sich als Analogie heraus und nicht als Nachweis von Identitäten der Gesetze, ebenso die physikal-chemische Lösungstheorie (nach Gleichgewichts- und Lösungsgesetzen), beide beachten nur meist sekundäre Faktoren und Grenzzustände; die für den quantitativen Verlauf der Vorgänge entscheidenden Gesetze liegen auf einem Gebiet, das wir vorläufig bewusst extrem in Gegensatz stellen müssen zu allen jenen Theorien, die mit Stoffen in Lösungen und gleichartigen homogenen, nicht strukturierten Systemen rechnen.

Denn alle diese Vorgänge geschehen auf alle Fälle zwischen **geformten Reaktionskomponenten** und damit würde sogar, auch wenn der Hauptteil der Reaktion unter gelösten Körpern im gleichartigen Milieu (ohne Übergänge in Grenzflächen) vor sich ginge, doch die durch die eine geformte Komponente bedingte einzelne Zeitphase der Reaktionsreihe, die an einer Grenzzone unter andern Bedingungen sich abspielen muss, die Gesamtreaktion in bezug auf den zeitlichen Verlauf entscheidend beeinflussen.

Diese relativ einfachen Bedingungen, dass geformte Massen und Grössen in einem bestimmten Faktor: den Grenzflächen-Funktionen in die Reaktion hinein spielen, sind auch bei der Wirkungsweise vieler

Digitized by Google

pharmakologischer Mittel realisiert, wo also Lösungsfunktionen (Teilungskoeffizient) und chemische Funktionen und gleichzeitig Flächen- und Absorptionsfunktionen konkurrieren. Hier werden aber bei der ungeheuren Verteilung der Massen die Konzentrationsverschiebungen in den Grenzflächen speziell an den Colloiden und Membranen, eine grössere Rolle spielen, als man heute annimmt. In einem derartigen System würde schon durch eine Veränderung in der Reihenfolge des Zusatzes von Reaktionskomponenten das Endresultat wesentlich verschoben.

Die hier gegebene Anschauungsweise gibt einen anderen Weg, die Immunitäts-Vorgänge sich vorzustellen — er mag dem Fernestehenden in manchem Punkte weniger bestimmt und eindeutig erscheinen, aber er entspricht den Tatsachen, die wir heute wirklich kennen, besser. Was nach dieser Vorstellung unentschieden bleibt, ist auch weder physikalisch noch biologisch klar, resp. in seiner quantitativen Abhängigkeit bestimmt; was jedoch in der physikalischen Vorstellung klar ist, findet sich in den Tatsachen heterogenster Art bei den Immunitätsvorgängen wieder.

Eine andere Auffassung hat dann ihr Recht, wenn sie aus einer nicht beweisbaren Analogie heraus die zu betrachtenden Vorgänge mit andern bekannten als in wesentlichen Stücken identisch erweisen kann, so dass keine blosse Analogie, sondern die Annahme von Identitäten berechtigt ist.

Was verlangt man von einem solchen Identifizierungsbeweis? Möglichste Übereinstimmung in allen, auch den divergentesten Eigenschaften.

Von den Immunkörpern kennen wir nur die Reaktionsgesetze im bestimmten Milieu und ihre Abhängigkeit von Konzentration, Temperatur, vor allem von der Zeit. Wir kennen ihre Beeinflussbarkeit durch Lösungsmittel,[1]) speziell Elektrolyte. Ihre Labilität, Empfindlichkeit auf äussern Einfluss: Temperatur, Licht, Elektrizität etc.

Wenn wir auch bald dazu kommen sollten, die strukturchemische Grundlage der Immunität zu kennen als die Grundlage der sie bedingenden colloidalen Zustände, aus welcher Absorptions- und

[1]) Die weitgehendste Abhängigkeit ihrer Eigenschaften vom Lösungsmittel von Lösungskomponenten, Zusätzen, ist von Anfang an wegen der variablen Labilität aufgefallen, aber nicht systematisch quantitativ verfolgt worden. Gerade hierin liegt ein Moment, das die chemischen Theorien nicht beachtet haben (bis in letzter Zeit Arrhenius), das aber bei allen Colloidexperimenten etc. (spez. Kombination von lytischen Colloid- und nicht colloiden Substanzen: Henri, Landsteiner, Zangger, Frei, Noguchi, Morgenroth, Tsurusaki, Liebermann, Pick, neuerdings auch Arrhenius sofort nachweisbar in den Vordergrund trat, so dass Arrhenius jetzt ebenfalls komplizierte Verhältnisse annimmt (speziell bestimmte Lösungsfunktionen, die wir immer für einen Teil der Vorgänge mitverantwortlich machten, Cf. Zangger, Centralbl. f. Bact. 36, 1905, p. 237).

Digitized by Google

Lösungseigenschaften folgen, so bleibt die Tatsache des Colloidzustandes noch gerade so bedeutungsvoll und für die Vorgänge entscheidend, weil die strukturelle Anordnung der Moleküle zum Komplexgebilde doch das typische für das Leben bleibt und speziell untersucht werden muss. Die etwas brutale chemische Analyse der Vorgänge durch Festlegung recht vieler Arten Zerstörungsmöglichkeiten gibt uns noch keinen Aufschluss über das so wichtige Graduelle der Immunität, Resistenz, Anpassung, auf der die wirkliche Immunität doch beruht.

Anmerkung. Es ist mir, wie wohl allen Anhängern der Colloidtheorie, jederzeit bewusst und klar geblieben, dass chemische Reaktionen intervenieren können, dass der Colloidzustand selber zum Teil eine Folge der chemischen Konstitution, neben den Beziehungen zum Lösungsmittel ist. Man hat sogar aus meinen Publikationen mit Vorliebe herausgehoben, dass ich die chemische Seite anerkenne und hoffte, dass die Konstitution etc. uns später manches erklären werde. Dagegen wird meist versäumt zu betonen, dass nach meiner Ansicht das physikalische Moment das Einleitende der Prozesse, also die Vorbedingung für das Zustandekommen der Reaktion ist.

Ehrlich musste Mitte neunziger Jahre der Suggestion der Struktur- und Stereochemie folgen. Die Gegend, die Grössenordnung, wo die physikalische Struktur auftritt und in den Reaktionen ausschlaggebend wirksam wird, war nicht bestimmt, resp. wenig bekannt und konnte niemandem damals klar sein.

Aber gerade so unausweichlich wie damals die Konstitution und die Anwendung des Verteilungssatzes bis zur letzten Konsequenz verfolgt werden musste, so versprechend, klärend und korrigierend, treten jetzt als die immer intervenierenden Vorgänge die Wirkungen der Grenzflächen, die substanzielle Lokalisation durch die dort sich einstellende Potentiale und als weitere Spezialform der Inhomogenität die Strukturierung der organogenetischen Colloide auf.

## Die Tatsachen.

Bevor ich die Stellung der Theorien und die allgemeine Bedeutung der Tatsachen der Immunität besprechen will, stelle ich einige für den eigenartigen Charakter der Immunitätsreaktionen typische Vorgänge und Beispiele voran, die zusammen weder die chemische Strukturlehre, noch die einfache Lösungstheorie der Gleichgewichte zu erklären vermögen.

Antikörper werden nur durch colloide Substanzen erzeugt; einen Antikörper auf ein Kristalloid zu erzeugen gelang bis heute nicht.

Die Verbindungen entstehen nicht nach den Gesetzen der konstanten multiplen Proportionen.

Ein typisches stabiles Gleichgewicht wird nicht erreicht.

Die Reihenfolge der Mischung bedingt das Endresultat wesentlich.

Die Antikörper lassen sich durch Kataphorese transportieren (Coehn, Bechhold, Henri), lassen sich elektrisch umladen (nach einer einwandfreien Methode von Pauli und Landsteiner nachgewiesen).

Digitized by Google

Anmerkung. Auffälligerweise geht die Heilwirkung der Seren, auch antitoxischer Seren, manchmal gar nicht der antitoxischen Kraft parallel. Man kann Fälle beobachten, wo zum Beispiel das Serum eines Tieres trotz Abnahme der antitoxischen Kraft ziemlich die gleiche Heilwirkung beibehält (Kraus). Seren können eine gleich hohe antitoxische Kraft haben ohne gleiche Heilwirkung, sie können im Lauf der Immunisation wirksamer werden, in einzelnen Fällen ohne Steigerung der antitoxischen Kraft. Analoge Verhältnisse finden sich in andern Gebieten, P. Th. Müller, Eisler.

Ein Toxin-Antitoxingemisch, das für eine Tierart unschädlich ist, ist oft für eine andere Tierart giftig.

Ein Toxin-Antitoxingemisch, das in einer bestimmten Dosis für ein Tier unschädlich, kann für dasselbe Tier in derselben Dosis schädlich werden, wenn man dasselbe Gemisch vorher verdünnt.

Ein Toxin-Antitoxingemisch erzeugt oft trotz Neutralisation Antikörper, ebenso meist durch Colloide gefällte Stoffgemische.

Die Reaktionen gehen nur unter Beisein von Elektrolyten vor sich, mindestens sind sie ausserordentlich von Elektrolyten abhängig, und zwar in einer Weise, wie wir es nur bei Colloid-Reaktionen kennen.

Ein Tier, das einmal immunisiert ist, produziert weiter Antikörper, wenn man ihm nach und nach die ganze Menge seines Blutes entzieht, ohne jede weitere Injektion von Immunitätskörpern provozierenden Substanzen.

Wir wissen alle, dass wir keine chemischen Mittel kennen, ein aktives Serum von einem inaktivierten zu unterscheiden, auch die gewöhnlichen physikalischen wie chemischen Methoden geben keine typischen Abweichungen, hingegen die Colloid- und Fällungs-Reaktionen: Henri hat nachgewiesen, dass konstante typische Unterschiede sich zeigen in der Fällbarkeit durch andere Colloide, und das ist wohl eine der typischen Eigenarten der Colloid-Reaktionen.

P. Müller fand, dass durch die Immunisierung die Absorptionsschnelligkeit der Antikörper zunehmen könne bis zum 10—300fachen, dass beim Serum in Vitro (Typhus) die Absorptionsschnelligkeit wieder zurückgeht. Die absolute Grenze der Absättigungsfähigkeit bleibt aber meist ziemlich gleich.

Verbindungen von Toxin-Antitoxin, wie auch Verbindungen von Zellen und deren Antikörpern, die anfangs etwas reversibel sind, werden immer weniger reversibel (Müller, Dungern).

Durch HCl unwirksam gemachte Diphtherie-Toxine werden wieder toxisch durch Alkalisierung (Morgenroth, Dörr), aber nur ausserhalb des Körpers. Damit verlieren sie auch die leichte Diffusionsfähigkeit der HCl-Toxine (Komplexbildungstendenz).

Pick und Schwoner haben auf die Eigenschaft der Toxolabilität aufmerksam gemacht, d. h. dass es Antitoxine gibt, die durch geringe

Digitized by Google

Quantitäten Toxin verändert werden, die in keinem Verhältnis stehen zu der antitoxischen Kraft bei einmaligem Zusatz grosser Mengen.

Die Toxine verlieren vorübergehend oder dauernd ihre Eigenschaften durch eine ganze Reihe von Zusätzen (mehrwertige Kationen, organische Stoffe, die nur die Lösungs- und Zustandsbedingungen von Colloiden ändern können, wie z. B. Äther. Pick, Schwoner, Pribram; Marie und Tieffenau stellen fest, dass Tetanustoxin durch wasserhaltige Hirnsubstanz gebunden wird, durch nicht gequollene aber nicht).

Die Immunkörper halten hohe Temperaturen in konzentrierten Lösungen viel länger aus als in Verdünnungen.

Bei Verdünnungen nimmt die Wirksamkeit nicht entsprechend proportional der Verdünnung ab, sondern nach ganz andern, von Fall zu Fall feststellbaren Gesetzen.

Das Komplement wirkt nicht in salzfreien Seren, es scheint sich in zwei Komponenten zu zerlegen, in eine wasserlösliche, zugleich gegen Wassereinwirkung stabile, aber auf Salzwirkungen empfindliche Lösung, und in eine wasserunlösliche, in Wasser unstabile Substanz.

Dass osmotische Schwankungen im Organismus eng begrenzt sind, wissen wir; dass dagegen die Colloide und ihr Zustand im Organismus wechseln können, geht jetzt auf das deutlichste (parallel den Fällungsversuchen von V. Henri) aus den charakteristischen verschiedenen Ausfällbarkeiten von Serum-Colloiden hervor, so bei Syphilis,[1]) schwerer Tuberkulose, aus den grossen Variationsbreiten und der Wandlung bei gleichen Individuen, je nach dem Gesundheitszustand.

Die Präcipitation etc. von anorganischen Colloiden durch Seren schwankt von Tier zu Tier und bei demselben Tier zu verschiedenen Zeiten.[2])

Vgl. ferner Porges, Wassermann, Sachs, Levaditi, Morgenroth, Mayer, Schæffer (Fettsäureinjektionen), ferner Landsteiner, Salomon.

Hier ist auch die äusserst merkwürdige Beobachtung von Uhlenhuth zu erwähnen, dass durch Injektion von Ölemulsion mit Gummi eine Veränderung des Serums der injizierten Kaninchen eintritt, im Sinne von Antikörperbildung resp. Veränderung der Colloideigenschaften, während ohne Gummi keine solche Reaktion provoziert werden kann. (Deutsche med. Wochenschrift 1908, Nr. 14.)

Hailer stellte fest, dass ein Komplement durch die verschiedensten Stoffe absorbiert wird und schliesst daraus, dass die Komplementwirkung durch Annahme von Absorptionsvorgängen ausreichend erklärt wird. (Arbb. Kais. Gesundheitsamt Berlin 29 (1908) 277, ferner Bassenge, Deutsch. med. Wochenschr. 1908.

[1]) Was die letzte Ursache dieser physikalischen Schwankungen als typische Folge bestimmter Zustände ist, wird erst zu erforschen sein, aber dass sie sich in erster Linie und am empfindlichsten im Colloidzustand mit Colloid-Reagenzien nachweisen lassen, ist eben an sich ein Beweis für die Bedeutung des Colloidzustandes.

[2]) Field: Soc. for exper. Biology and medecin, New York 1908. 18. Febr.

Digitized by Google

Friedberger hat in der letzten Zeit eine Reihe von Experimenten publiziert über die Konservierung der so labilen Komplementfunktionen des Serums. Salze verschiedenster Art, wie Natriumchlorid, Kalium-Ammonium-Nitrat machen das Serum in Lösungen von 4—8 % weniger temperaturempfindlich und konservieren die Komplementeigenschaften überraschend lang. Wir haben in unserem Institut schon vor längerer Zeit bei systematischen Untersuchungen über den Einfluss der Elektrolyte auf die zeitlichen Verschiebungen der Kolloideigenschaften, speziell der Gelatine, die äusserst merkwürdige und sehr verwandte Beobachtung gemacht, dass geringe Konzentrationen die zeitlichen Veränderungen speziell die Zunahme der Viskosität stark begünstigen, dass Lösungen von 1,0—2,4 normal Ammoniumnitrat z. B. die Viscosität konstant erhalten, währenddem höhere Konzentrationen eine Verflüssigung im Lauf der Zeit erzeugen. Die nahe Übereinstimmung in den konservierenden Konzentrationen in bezug auf Komplementwirkung und Viscosität scheint auf eine Verwandtschaft und damit auf eine bis heute nicht bekannte Eigenart von Colloiden zu deuten.[1])

So viel über die Tatsachengruppen, die als Ganzes eine spezielle Interpretation verlangen.

Wie verhalten sich gegenüber diesen Tatsachen in ihrer Gesamtheit die bestehenden Theorien? Was erklären sie und was wollen sie erklären?

1. Die Ehrlichsche Seitenkettentheorie beschäftigt sich und operiert mit struktur-chemischen Vorstellungen. Sie stützt sich auf die Tatsache, dass bestimmte Formen von Bakterien und anderen Zellen bestimmte in Serum gelöste Stoffe erst absorbieren und dann in der Folge selbst aufgelöst werden oder Gegenstoffe produzieren.

Der erste Akt: Die Absorption ist ein quantitativ verfolgbarer Vorgang (der praktisch grosse Bedeutung hat und von der Ehrlichschen Schule sehr eingehend untersucht wurde), die Lösung der Zellen ist als einfache Tatsache aufgeführt und nicht als physikalischer Vorgang charakterisiert; und doch ist er ja das Wesentliche, denn wenn es nicht zur Lösung kommt, haben die absorbierten Substanzen für das Wachstum und die Vermehrung der Bazillen keine Folgen. Eine Absorption von einzelnen Substanzen hebt die Struktur nicht auf und hemmt meist auch nicht die andern Prozesse, so lange die Struktur sich nicht geändert hat.

Eine Spezialform der chemischen Theorie war die ursprüngliche Auffassung von Arrhenius, der die Gesetzmässigkeiten in Vergleich

[1]) Diese Fragen werden von Fabrikant Gokun und Tobar im Institut weiter untersucht. Vgl. Zeitschrift für Chemie und Industrie der Colloide. Aug. 1908.

Digitized by Google

stellte mit Lösungsgleichgewichten etc. Aus dem analogen Reaktionsverlauf wurden auf Wesensverwandtschaft der Vorgänge geschlossen. (Vergl. pag. 412.)

2. Im Gegensatz zu diesen Theorien, die mit den Lösungsgesetzen und den chemischen Gleichgewichten und Ersatzreaktionen rechnen, steht die morphologische Theorie von Metschnikoff und die Opsonintheorie der Immunität nach Wright, der allerdings jene Vorgänge nicht als das ganze Wesen dieser Reaktionen betrachtet, sondern nur als eine Begleit-Reaktion, als eine Erscheinungsform in Heilungsprozessen. Wright löst also den Prozess der Phagocytose auf in einen vorbereitenden Vorgang und in den morphologisch nachweisbaren Durchtritt durch die Zellmembran; dass in der Zelle selber sehr ungleiche Prozesse sich abspielen können und wie die dortigen Prozesse sich abspielen, lässt Wright in seinen Deutungen unberührt. Metschnikoff und Wright, zum Teil auch Gruber, stellen also den morphologisch verfolgbaren Vorgang, dass Bakterien in die Leucocyten hineingeraten und manchmal im Stadium des Zerfalles beobachtet werden können, als Basis der Theorie des Heilungsprozesses auf.

Man fragte sich aber bis heute kaum, unter was für Voraussetzungen die den Phagocytierungs-Prozess bedingenden Einzelvorgänge zu stande kommen, d. h. was die physikalischen durch lokale Veränderungen bedingten und charakteristischen Prozesse sind. Als solche spezielle Vorgänge wären anzuführen:

Annäherung des Bakteriums und der Leucocyten, resp. Cohärenz der peripheren Hülle der Bakterien und der Leucocyten, Lösung in morphologisch noch darstellbare Colloidkörner, Fetzen etc. und damit Destruktion des Individuums durch physikalische Trennung der differenten wichtigen physikalischen Teile.

Dass nicht alle Bakterienarten ohne weiteres aufgenommen werden, konnte jeder beobachten, ebenso dass unter bestimmten Bedingungen die Bakterien leichter, zahlreich und in andern Fällen fast gar nicht aufgenommen werden. Dass Leucocyten sich Bakterien nähern oder nicht, nannte man positive und negative Chemotaxis und stellte sich prognostisch den Vorgang als die Parallelerscheinung der Heilungsvorgänge und deren Intensität vor (in analogem Sinn wie die Speckhaut der Alten und die Leucocytenzählung von heute).

Dass aber die Bakterien in einem Fall aufgenommen werden und im andern nicht, dass von zwei Bakterienarten unter dem Deckglas das eine aufgenommen wird, das andere nicht, das musste man als sogenanntes biologisches Rätsel belassen.

Die Beobachtungen, dass Seren die Phagocytose erhöhen, das heisst, dass durch Vermittelung eines dritten Stoffes, der aus dem

Digitized by Google

Serum verschwindet, die Aufnahme ermöglicht, resp. beschleunigt wird, das brachte die Opsonintheorie.

(Auf die Fragen der Leucocytenstoffe etc. (Pettersson, Gruber, Futaki, R. Schneider, kann ich hier nicht eingehen, weil die Tatsachen zu wenig klar liegen.)

Die heutige Theorie der Phasen und Lösungen und die bekannten rein chemischen Reaktionen können keine hier genügende Interpretation geben. Die Versuche durch Hilfshypothesen, eine Übereinstimmung zu erzielen, sind vorläufig erfolglos geblieben; systematisierte Reihen zu diesen fehlen.

Wir müssen uns die Mühe nehmen, nachdem uns mindestens eine grosse Gruppierung in den physikalischen Grössenordnungen und Grenzschichten und den allgemeinen Colloideigentümlichkeiten den Weg gezeigt, diese Relationen systematisch festzulegen, denn in diesen Relationen liegt die Möglichkeit der Beeinflussung der Vorgänge ohne eine chemisch nachweisbare Veränderung zu erzeugen.

Anmerkung. In bestimmten Stadien des Zustandes sind Colloide überhaupt auf sehr kleine Zusätze schon empfindlich, in andern Zuständen viel weniger, bei sonst ganz gleichen Konzentrationsverhältnissen, ein Befund, der für die Pharmokologie und Toxikologie von Bedeutung sein dürfte.

## Synthetische Versuche und Beweisführung.

Theoretisch und praktisch entscheidend für die Bedeutung einer bestimmten Auffassung der Immunitätsvorgänge ist der synthetische Aufbau und die Beeinflussung der Gesetzmässigkeiten durch künstliche Einführung bekannter Komponenten.

In meiner Arbeit von 1905 (l. c.) konnte ich eigentlich erst auf die Bedeutung der synthetischen Beweisführung hinweisen, denn es lagen damals nur die Absorptionsversuche an Komplementen etc. (Stoudensky etc.) und die Hämolyseversuche mit künstlichen Colloiden, Kieselsäure, Lecithin (Landsteiner) vor. Die Lecithide anderer Art wurden von ihren Entdeckern als typische chemische Verbindungen angesehen.

Im Anschluss daran habe ich[1]) quantitative Versuche gemacht mit bekannten Colloiden und Colloidkomplexen, speziell Saponin,

[1]) Zangger, Recherches quantitatives sur l'hémolyse avec les substances colloidales définies — La saponine. — Compt. rend. soc. biol. 63. 1905, p. 589, no. 13.
Zangger, L'Hæmolyse par des complexes colloidaux, saponine et taurocholat de soude. Compt. rend. soc. biol. 63. 1905, no. 37.
Henri et Cernevadeanu: Différence entre le sérum chauffé et le sérum normal. Compt. rend. soc. biol. 1905. Semaine medicale, sept. 1907.

Digitized by Google

Natrium-Taurocholat, die bewiesen, dass sich mit diesen bekannten Colloiden dieselben Verlaufskurven ergeben, wie für die Immunitätsvorgänge, vor allem, dass sich die Wirkung zweier Colloide, von denen jedes einzelne hämolytisch wirkt, sich nicht summieren, sich je nach der Reihenfolge sogar hemmen können.

Ausserordentlich bedeutungsvolle synthetische Parallelen haben Henri und Cernovodeanu gefunden dadurch, dass sie nachwiesen, dass Colloidkomplexe von Saponin und von colloidalem Eisenhydroxyd ebenfalls hämolytisch wirken, aber in geringerem Grade, als die einzelnen Komponenten und dass bei Hämolyse durch diese Kombinationen der Grad der Hämolyse sehr weitgehend unabhängig ist von der Blutkörperchenkonzentration, analog wie das Henri für die Serumhämolyse nachgewiesen hat. Was für eine Veränderung die aktiven Seren bei einer Erwärmung auf 56° erleiden, konnte mit keiner chemischen, auch nicht mit den gewöhnlichen physikalisch-chemischen Methoden nachgewiesen werden, aber die Colloidausfällungsmethoden mit entgegengesetzt geladenen Colloiden ergaben sehr auffällige Differenzen, indem die Colloide des erhitzten Serums viel leichter und bei andern Konzentrationen sich von der Flüssigkeit lostrennen und ausfallen.

Die Beobachtungen von Kyes und andern über die Komplement-Komplexfunktionen des Lecithines und anderer ähnlicher Körper auf Kobragift, ferner Skorpionengift, Bienengift (Morgenroth und Carpi), Abrin (Pascucci) haben nach zwei Richtungen den synthetischen Ausbau der Colloidtheorie der Immunität eröffnet, obschon die Entdecker durchaus an der rein chemischen Art der Bindungen resp. den stöchiometrischen Verhältnissen festhielten.

I. Man verwandte an Stelle des Lecithins diesem verwandte andere Substanzen und dessen Komponenten (Kyes: Cephalin, P. Mayer: Jecorin, Noguchi: Triolein, Ölsäure; Liebermann: Seifen.

Auch hier fand man, dass sich Colloide von an sich gleicher Wirkung beim Zusammenwirken ihre Leistungen nicht addieren, sondern nach Mischungsverhältnissen sich unterstützen oder sich hemmen können, wie W. Frey in meinem Institut feststellen konnte. (1906). — Noguchi 1907.

Alle diese Substanzen wirken häufig als eine Art Komplement gegenüber diesen Giften, teilen jedoch eine Reihe der Eigenschaften der natürlichen Komplemente nicht — sie sind thermo-stabil, vertragen Magensaft und Trypsin (nach Morgenroth und Kyes) und müssen in relativ hohen Konzentrationen verwandt werden.

Die antitoxischen Wirkungen der Lipoide, speziell des Cholesterins als Suspension in wässeriger Lösung (colloidal nach Porges) hat sich im Laufe der letzten 10 Jahre so häufig aufgedrängt, dass ein Zusammen-

Digitized by Google

hang allgemein zu sein schien und zwar erwies sich Cholesterin entgiftend auf pflanzliche, wie tierische und Bakterien-Gifte. Man stellte fest, dass Cholesterin antitoxisch wirkt gegen eine ganze Reihe collodialer Gifte und speziell auch gegen solche, die typische Antigene sind und Immunitäten erzeugen, wie Tetanotoxin und Tetanolysin (P. Th. Müller, Kyes und Sachs, Kraus und Clairmont), Schlangengift (Frazer, Phisalix, Kempner, Ransom, Kyes, Minz), Spinnengift (Sachs), Bienengift (Morgenroth und Carpi, P. Th. Müller), gegen Vibriolysin (Pribram, Eisler). Bei Staphylolysin jedoch fand Eisler, dass sowohl der Alkoholätherextrakt wie der Eisweissniederschlag hemmende Funktionen habe. Ferner wirkt Cholesterin-Suspension intensiv hemmend auf colloidale Pflanzengifte, wie Saponin, Solanin etc.

Für eine Bedeutung lipoider Substanzen für die Immunität sprach vor allem auch der Befund Hahns, der zum Schluss kommt, „Immunisierung bedeutet Zunahme des Petrolätherextraktes".

Die Lipoide kamen im Laufe der Zeit zum Teil als Antitoxine, zum Teil als Komplemente oder Beizen (Kieselsäure), als Antikomplemente, Antiagglutinine, Antiamboceptoren (Porges, Neubauer, Rosenberg) in Verwendung, als Agglutinine auf Taubenblut. Frey fand, dass sich die Funktionen stark mit den Konzentrationen verschieben.

II. In der Richtung der Colloidfunktionen trieben folgende synthetische Befunde unsere Vorstellung vorwärts.

a) Neuberg und Reichel fanden Blutkörperchen lösende Lipasen, Lüdecke und Kyes fanden eine Fettsäureausspaltung aus dem Lecithin durch die obigen Gifte (Kobra), Neuberg und Reichel hoben im allgemeinen hervor, dass Immunseren stärker fettspaltend wirken, aber für quantitativ genügend halten sie die Wirkung nicht.

b) Es wurden von verschiedenen Seiten die Komponenten, die hier in Betracht kommen, speziell Fettfermente- und Fettsäure-Verbindungen (fettsaures Neurin und Seifen) verwandt (Liebermann, Noguchi) und zwar hier hauptsächlich wieder als Komplement in inaktivierten Immunseren, wenn auch das Quantitative nicht übereinstimmt. Analysieren wir die Eigenschaften dieser Körpergemische in bezug auf ihre Analogien zu komplementhaltigem Serum einerseits, anderseits auf die physikalisch-chemischen Eigenschaften der komplementersetzenden Körper, so haben wir bis jetzt folgende Punkte festgestellt:

Alle die verwandten Körper sind Colloide; ferner haben durch bestimmte Seifen komplementierte Seren die Eigenschaften von natürlichen Immunseren. Sie sind entsprechend thermolabil, das heisst, das System Serum + Seifen wird bei 56° in seinen Colloidal-Strukturen verändert und zwar in bezug auf die lytische Wirkung, wie

Digitized by Google

auch bei geringen Konzentrationen (nach eigenen Versuchen) auf die Herauslösbarkeit aus dem Flüssigkeitssystem (Fällung), wie es Henri und Cernovodeanu für die Seren im allgemeinen nachwiesen.

Als weitere allgemeine Colloideigenschaft haben die aus Seifen etc. komplementierten Seren die allgemeine Colloideigenschaft der Absorption durch Niederschläge.

Henri nimmt an (Semaine medicale 1907), dass die durch die Inaktivierung eines Serums veränderten Colloide durch Zuführung von neuen Colloiden, wie Seifen, oder auch frischem Serum in dem Sinne verändert werden, dass diese veränderten Colloide durch die neuen in den frühern, also aktiven Zustand zurückgeführt werden. Dass strukturelle Veränderungen in inaktivierten Seren mit Seifenkomplementierung vor sich gehen, lässt sich auch bei der ultramikroskopischen Beobachtung verfolgen.

III. Diese Versuche nach einer Synthese eines Teiles der Immunkörperreaktion veranlassten speziell auch infolge des allgemeinen Interesses der Lecithin-ähnlichen Körper eine Reihe von Versuchen durch physikalisch-chemische Trennung, hauptsächlich durch verschiedene Lösungsmittel und Mischungen von solchen, spez. die Fettsäuren, Seifen und lecithinähnlichen Körper aus Immunseren rein darzustellen und den Lösungszustand dieser Stoffe zu beeinflussen.

Versuche, von der Voraussetzung ausgehend, diese Körper rein zu bekommen und zu analysieren, und durch den synthetischen Neuaufbau der wirksamen Systeme aus den rein dargestellten Komponenten auf dem direktesten Wege die Serumprobleme zu lösen (Bang und Forsmann, Landsteiner und sein Mitarbeiter Dautwitz, Stanco, Botteri), haben bis jetzt zu Anhaltspunkten geführt, aber die sichere Trennung der Komponenten des Serums stösst auf sehr grosse Schwierigkeiten.

Es war Aussicht vorhanden, dass es gelingen werde, aus den Colloidsystemen durch Überführung der einen Komponente in Lösung durch diesen Umweg eine sonst unmögliche Trennung von Colloidkomplexen zu erreichen und tatsächlich kamen Bang und Forsmann zum Schluss, dass durch verschiedene Lösungen und Fällungen zuletzt in warmem Benzol sich eine Substanz herauslösen lasse, die injiziert spezifische lytische Körper erzeuge, was bisher nicht gelungen war (bestätigt durch Landsteiner).

Es wäre hier noch eine grosse Zahl von Versuchen anzuführen, die klärende Resultate brachten und die so ausgeführt waren, wie sie gemäss der Colloidtheorie ausgestellt werden mussten.

Wir können die bisherigen Ergebnisse folgendermassen zusammenfassen:

Digitized by Google

I. Der Colloidcharakter steht bei den Immunitätsreaktionen als wesentlichster Anteil ausser Zweifel.

II. Es ist gelungen, lytische und hemmende Systeme aus bekannten Colloiden zu synthetisieren; allerdings war die Spezifizität bei sicher reinen Körpern bis jetzt nicht rekonstruierbar.

Wir können die wirksamen Colloide und ihre Kombinationen noch nicht synthetisch darstellen, aber die organische Chemie ist ja erst daran, die Wege zu finden zu analogen komplexen Strukturen. Wie bei den Eiweisskörpern müssen wir aber auf alle Fälle versuchen, die jetzt zum Teil empirisch gewonnenen, physikalischen Konstanten der Immunkörper genau zu bestimmen und ihre Abhängigkeit von Temperatur, Zeit, Konzentrationen zu ermitteln, und die Existenzbedingungen zu begrenzen. Dass die Existenzbedingungen bei Colloiden nicht in kritischen Punkten einer Funktion bestimmt sind, ist klar.

Die Synthese der Immunitätsvorgänge ist ein Unternehmen, dessen Konsequenzen jetzt noch nicht zu überblicken sind, das aber ergeben soll, inwiefern der Colloidzustand von der chemischen Eigentümlichkeit unabhängig sein kann, und inwiefern sich trotz chemischer Verschiedenheit zeitlich und quantitativ indentische Verlaufskurven zeigen. Eines ist sicher, dass sich der Zeitverlauf, die typische Abhängigkeit von Temperatur und die Absorption reproduzieren lassen. Inwieweit das aber vollkommene Identitäten sind oder werden, ist noch nicht zu übersehen (vergl. Schluss).

Nicht alle bis heute angegebenen synthetischen Versuche aus künstlichen colloiden Substanzen lassen sich unter allen Umständen reproduzieren, weil die Darstellungsbedingungen nicht nach der für Colloide nötigen Form angegeben werden.

Bis jetzt haben wir die allgemeinen Gesetzmässigkeiten untersucht und die Auffassung an Hand der synthetischen Resultate geprüft. Nun soll hier ein Spezialgebiet der Immunität nach den Erfahrungen auf dem Gebiet der Colloide durchgeprüft werden, nämlich die morphologisch verfolgbaren und von jeher als typische Indikatoren betrachteten Vorgänge, bei denen strukturelle Verhältnisse verschoben werden. Den Effekt vieler Vorgänge, deren ganze Kette wir uns in einer Reihe von Gliedern vorstellen, müssen wir eben in vielen Fällen an einem Vorgang messen, den wir als eine Destruierung einer morphologischen Entität, mit bestimmten Grenzen, Begrenzungen, Grenzschichten, Membranen betrachten können. Für viele Vorgänge ist die Veränderung der Membranen das Wesentliche.



Digitized by Google

## Über die spezielle Bedeutung fester Colloide für das Immunitätsproblem.

### I. Allgemeines über strukturierte Colloide.

Aus der Erkenntnis heraus, dass die Colloide in allen Erscheinungsformen untersucht werden müssen, habe ich mich derjenigen Erscheinungsform der Colloide vor Jahren experimentell und theoretisch zugewandt, wo die Colloideigenschaften nach einer bestimmten Richtung maximal sich zeigen müssen und immer weniger eine Funktion des Lösungsmittels sein dürften: die festen, gelatinierten Colloide, wie sie eben in den Membranen überall vorliegen und als organische Strukturen und Hemmungen den Austauschprozess leiten.

Die strukturierten, festen organischen Colloide drängen die Struktur und die differenten Eigenschaften der Festigkeit in den Vordergrund, die andern Eigenschaften, wie diejenigen der Suspensionen (speziell die optischen Eigenschaften), die Lösungseigenschaften treten zurück.

Mit der Strukturierung treten aber auch ganz neue Eigenschaften auf, vor allem die Wirkung der Oberflächen etc. der Festigkeit, der Elastizität.

Über Strukturierung von beweglich-flüssigen Colloidsystemen wurde von Biologen gar nicht gearbeitet, von Physikern, Physiko-Chemikern ganz sporadisch, trotzdem einzelne Beobachtungen auf die grosse Bedeutung solcher Untersuchungen für Struktur- und Cohäsionsfragen oder elastische Nachwirkungen hinwiesen.

Man arbeitet gewöhnlich nur mit einer Methode, meist auch nur mit einem Stoff und bestimmter Temperatur, nie mit vielen Stoffen und Kombinationen.

Die wichtigsten Einzelbeobachtungen liegen weit zurück, spez. „Über elastische Nachwirkungen", also Zeitfunktionen (Clerk Maxwell 1867, ferner Kundt, Schwedoff, später Garett, Schrœder).

Wir haben in meinem Institut, soweit die Mittel reichen, seit Jahren diesem Problem unsere Aufmerksamkeit geschenkt: Durch Messung der Zerstörung der Struktur von Colloiden (Hess, Kobler); durch Untersuchungen über die Abhängigkeit (der Bedingtheit) der Festigkeit der Strukturen von der Zeit (wie Schrœder, Garett), aber speziell unter besonderer Beeinflussung der Struktur durch Elektrolyte (Fabrican-Gokun, Tokar) und verschiedener Vergangenheit, verschiedener Instrumente (Viscosimeter), verschiedener Zeit. Wir haben das gleiche Material gleichzeitig mit sehr verschiedenen (verschiedenzerstörenden) Capillaren, verschiedenen Drucken untersucht (vgl. Diss. Gokun und Tokar, Zeitschr. f. Chemie u. Ind. der Colloide, Aug. 1908).

Digitized by Google

Ferner haben wir die Abhängigkeit des Substanztransportes, resp. des Diffusionsweges von der Colloidstruktur zu untersuchen begonnen (Diss. Stoffel). Hiebei wurden den Zeitfunktionen besondere Beachtung geschenkt.

Dass die Colloide an der Grenze stehen zwischen Chemie und Physik in bezug auf Grössenordnung und Eigenart der Elemente, wird diese Gruppe immer als etwas Spezielles bestehen lassen, charakterisiert durch das Auftreten physikalischer Momente, wie Struktur, Festigkeit, Elastizität und damit parallel auffällige Funktionen der Zeit und partiale Reversibilität. Dabei besteht gleichzeitig ein starker Einfluss der chemischen Eigenart der Substanz und des Milieux.

Der Begriff „Colloid" darf aber keine Sammlung rätselhafter Zustände der Materie umfassen. Er muss zerlegt sein in Funktionen, so weit als möglich auf physikalische und chemische Komponenten zurückgeführt werden, deren Mischungsgrade im Einzelfalle das Colloid charakterisieren (diese Methoden fehlen zum Teil allerdings noch heute auch der Physik).

Das Colloid vereinigt in sich (und meist fast gleichwertig für die Eigenschaften, die eng miteinander verknüpft sind) die Eigenschaften der Suspensionen, die bis jetzt speziell berücksichtigt und untersucht wurden: die Eigenschaften von Lösungen (speziell übersättigter Lösungen metastabiler Art) und vor allem Eigenschaften strukturierter, fester Körper, die sehr wenig untersucht sind; die typischen Grenzzustände aller dieser Eigenarten sind bei den Colloiden in verschiedenen Graden zu suchen.

Anmerkung. Wenn alle Tatsachen der Colloidforschung darauf hindeuten, dass ein wesentlicher Charakter der Colloidbestandteile, Elementarbestandteile, darin liegt, dass sie Komplexe bilden, müssen wir nach den Kriterien suchen, die diesen Elementen die Rangstufe in der Grössenordnung anweisen. Dabei können wir in erster Linie festhalten, dass speziell die organischen Colloide, je nach dem Zustand, bald mit dem Ultramikroskop sichtbare Körnchen zeigen, bald auch mit diesem Instrument vollständig homogen erscheinen (Blutplasma, Mayer), ohne den Colloidcharakter zu verlieren. Wir sehen jedoch mit dem Ultramikroskop, wenn Körnchen auftreten, dass diese zum Teil mit andern in Beziehung stehen, indem sie sich gegenseitig in ihren Bewegungen beeinflussen (Henri). Ebenso kann man aus Strömungsungleichheiten auf vom Lösungsmittel abweichende, aber für die vorliegende colloide Masse charakteristische Verbindungen schliessen (Netze, Ketten, wie sie oft später deutlich werden).

Die Anhaltspunkte für diese Verbindungen, die uns das Ultramikroskop andeutet, sind wenig eindeutig und die Möglichkeiten der Kombination der Zusammenhänge unvorstellbar vielfältig.

Eine Möglichkeit, die uns Strukturen und Festigkeiten vortäuschen könnte, wären die in Bewegungen der Einzelbestandteile vorliegenden lebendigen Kräfte (dynamische Festigkeiten); aber wenn auch die physikalischen Berechnungen dieser Elemente als charakteristisch für die flüssigen organogenetischen Colloide herleiten könnten, wäre doch die Eigenartigkeit der festen Colloide durchaus nicht erklärt.

Digitized by Google

Auch ohne dass heute diese Frage endgültig entschieden wird, können wir den Schluss ziehen, speziell auch auf Grund der ultramikroskopischen Beobachtungen, dass strukturelle Eigenarten die Voraussetzungen der Immunitätsreaktionen bleiben und damit selbstverständlich im Zusammenhang Verfestigung, Verquellung, Zerfliessen, Koppelung und Fällung strukturierter Teile.

Dass Strukturen, d. h. Zusammenhänge ungleicher Festigkeit in verschiedenen Richtungen eine Rolle spielen, ist klar; daraus ergibt sich auch, dass die Variation der Zusammenhänge und Strukturen — speziell der sukzessive Abbau der Strukturen, als Folge von partiellen Lockerungen von Bedeutung ist.

Was die Grössenordnung der Elementarbestandteile betrifft, gilt die folgende Dimension als bestimmend:

Dicke der Masse resp. Schicht, die gerade einer Kontaktfläche den bestimmten der Substanz eigenen Charakter aufdrückt.

Die Auffassungen für eine Erklärung der Struktureigenarten resp. der Festigkeit, Elastizität, elastischen Nachwirkungen sind sehr verschiedene (Maxwell, Boltzmann, O. E. Meyer etc.). Es ist heute noch unmöglich, sich mechanische Modelle vorzustellen im Colloidgebiet; es liegen zu viel konkurrierende Möglichkeiten vor.

Wenn der Name Colloid heute auch noch nicht sehr viel erklärt und zu oft nicht erklärend, fast verwirrend beigezogen wird, muss man doch anerkennen, dass er infolge seiner Stellung zwischen der Morphologie (Mikroskopie, Struktur), der Lösung und den chemischen Vorstellungen steht, und deshalb eine auch methodisch spezifische Behandlung erfahren muss, bevor er entsprechend befriedigend aufgelöst werden kann.

Nachdem wir eingesehen, dass Grössenordnungen (Komplexe), Distanzen eine Rolle spielen, wie die optisch-physikalische Methoden zeigen, müssen wir uns darüber klar werden, wo sich Grössenordnungen aus den verschiedenen Gebieten treffen.[1])

Dass die Strukturen eine Rolle spielen, dass sich ihre Variation, der sukzessive Abbau der Strukturen auf Lockerung eventuell Winkelverschiebung beziehen, ist klar. Wenn wir von bekannten Massengrössen ausgehen, die wir sehen können, kommen wir mikroskopisch zu den Grössenordnungen von 0,0001 mm, wenn die Masse different gefärbt ist, oder sich scharfe Grenzen zeigen nach dem Berechnungsindex, sonst sehen wir nur, „dass etwas da ist".

Das Membranproblem, wie ich es aufzustellen versuchte, bildet (eine der ersten Stufen, resp.) ein Mittelglied zwischen den flüssigen

---

[1]) In den letzten Jahren ist nur ein Gebiet der Colloide systematisch untersucht worden: die Fällbarkeit, die elektrische Kataphorese, Umladbarkeit, die optischen Eigenschaften, das Tyndallphänomen, die Ultramikroskopie, also den Suspensionscharakter. Fast gar nicht untersucht und nur sehr wenig beachtet wurden die strukturellen Eigenarten, und damit zusammen die Festigkeit, Elastizität, elastischen Nachwirkungen und ebenso zu wenig beachtet die Metastabilität und die vielen Parallelen und Analogien mit den übersättigten und komplexbildenden Lösungen.

Digitized by Google

Colloiden (nicht oder minimal strukturierten Flüssigkeiten) zu den festen Strukturen, die die Grundlage des Lebens bilden, soweit es Form, Individuum, Selbständigkeit anbelangt. (Betreffend die Beziehungen des Membranproblems zu den Colloiden, resp. den Fragen der Entstehung der Strukturen, Rigidität, Elastizität und ihre Abhängigkeit von Körperart, Konzentration, Zeit, Druck etc. vergleiche die letzte Arbeit[1]) und die Arbeiten aus meinem Institut, Stoffel, Kobler, Tokar, Fabrican-Gokun.)

## II. Über die spezielle Bedeutung der strukturellen Verhältnisse in bezug auf Herkunft, Entstehung und Existenzbedingungen der Membranen.

Vorläufig ist festzuhalten, dass alle Immunitäts-Reaktionen nur unter Beisein von Substanzen vor sich gehen, die in dem Milieu (Wasser) colloidale Komplexe bilden, dahin gehören ein Teil der Lipoide, Seifen etc. und die Immunkörper mit Eiweisseigenschaften.

Da alle Veränderungen des Colloidzustandes gleichzeitig auch die Immunitäts-Reaktionen verändern, werden diese Reaktionen begünstigt, speziell häufig aber gehemmt werden können durch Beeinflussung des Colloidalzustandes (weil die Funktionsbreite in dieser Kombination eine eng begrenzte ist gegenüber den möglichen Zuständen), speziell durch Lösungswirkungen auf die Colloide, durch Absorption von andern Colloiden oder auch sonst absorbierbaren Stoffen, durch Elektrolyte, Temperatur, Konzentration.

Wir werden also ausser den bis heute so weitgehend beachteten Lipoiden noch eine Reihe irgendwie wirksamer Stoffe zu erwarten haben, sicher steht, dass wir heute noch nicht wissen, welche Quoten im Leben die chemisch bekannten Substanzen bilden, dass es aber vielerlei Substanzarten sein können, weil die physikalischen Eigenschaften verschieden konstituierter Körper sich oft in einem Punkt, speziell als Colloid, wunderbar ähnlich sind, ohne bis heute eine Erklärung gefunden zu haben. Diese verschiedenen Abstufungsmöglichkeiten sind durch die chemische Konstitution allein nicht vorausbestimmt, vielmehr eine Mitwirkung des gesamten Milieu.

Wir kennen die Giftwirkungen der immunitätserzeugenden Körper nur im wässerigen Medium, in allen andern Medien können wir wohl die chemischen Konstitutionen und Elementarzusammensetzungen kennen lernen, ebenso die Molekulargrösse, Molekülkomplexe, aber nie die Eigenschaften, die uns interessieren, die eben weit mehr als der Abbau für uns massgebend sind; die Lösungs-

[1]) Diese Zeitschrift p. 500, 1907.

Digitized by Google

eigenschaften eines Körpers: dies sind zugleich Milieufunktionen, Komplexfunktionen,[1]) nicht nur der chemischen Konstitution, sondern vor allem der Flüssigkeit und anderer darin enthaltener Substanzen.

Gerade hier gilt der Verteilungssatz von gelösten Stoffen nicht; auch wenn die Stoffe nicht chemisch miteinander reagieren, beeinflussen sie sich doch. (Wirkung von Grenzflächen, Lösungs-Quellungszuständen etc.)

Wir können aus diesen Gründen alle diese Körper nicht isolieren, sie zum mindesten nicht isoliert erkennen, weil wir sie nur nach den Eigenschaften in den komplexen Körperflüssigkeiten kennen (wie ich es seit 1903 betone), wo sie schon als Colloidkomplex notwendigerweise vorliegen müssen, aber wir können sie nach dem Verlauf der Reaktionen, der Zeitgesetze nach und nach erschliessen, Parallelen finden im synthetischen Gebiet. Aus den reproduzierbaren Veränderungen der Bedingungen können wir auf die Existenzbedingungen schliessen und diese begünstigen lernen, resp. die Zeitgesetze beherrschen lernen und verstehen, die heute so unklar sind.

## Die Anwendung der Resultate des Membranproblems auf die Immunitätsreaktionen.[2])

Nachdem die Definition des Membranproblems, wie ich es vor zwei Jahren hier fasste[3]), zum Teil schon von der physikalischen Seite[4]) akzeptiert und auch die Vorstellungen über die Bedeutung des Colloidalzustandes der Antikörper immer mehr Boden gewinnt, kann man es unternehmen, die seit der Aufstellung der physikalischen Theorie festgestellten Tatsachen (1902) von diesem Standpunkte aus zusammenzustellen. Die Untersuchungswege für die Colloide sind nicht gegeben, sind keine Übertragungen gegebener fremder Methoden, sondern müssen von Fall zu Fall noch geschaffen werden. Eine durchgreifende Theorie, aus der sich Methoden ableiten liessen, existiert nicht; es müssen neue Methoden resp. spezielle Kombinationen durch-

---

[1]) Es sind hier quantitative Reihenversuche nötig, die wir in meinem Institut in Zürich nicht ausführen können. Einige grössere entscheidende Versuchsreihen konnte ich im Laboratorium von Dastre und bei Victor Henri an der Sorbonne in Paris ausführen. (Vgl. Compt. rend. soc.-biol. 1905 Bd. 58, Bd. 59 und weitere Verwertung zum Teil Frey, Walter, Diss. Zürich, Zur Theorie der Hämolyse 1907.)

[2]) Vorgetragen im zoologischen Referierabend, 14. Januar 1908.

[3]) Vierteljahrsschr. der Naturforsch. Gesellschaft Zürich 1906, pag. 343.

[4]) Arthur Müller, „Allgemeine Chemie der Colloide" 1907, pag. 98 (Abschnitt Membranen). Bredig, Handbuch Bd. VIII.

Digitized by Google

geführt werden, die zugleich später die Charakteristik des Colloidzustandes geben in seinen Beziehungen zu Suspensions- und Struktureigenschaften, wie wir oben abgeleitet haben.

In dieser Art der Analyse und Synthese der Immunitätsvorgänge liegt die innere Vereinigung der morphologischen Theorie der Vorgänge, der Agglutination, Opsonierung und Phagocytose mit den sogenannten „humoralen" Theorien und deren Resultaten, speziell der Bakteriolyse und Hämolyse: Vorgänge in mikroskopisch-sichtbaren morphologischen Strukturen, die an bestimmten Stellen der Strukturen und an durch die Struktur lokalisierten Stellen vor sich gehen.

Die Infektions- und Heilungsprozesse sind an Gebilde gebunden, die durch bestimmte Grössen und durch scharfe Abgrenzung gegen ihre Umgebung charakterisiert sind. Der Umstand, dass es scharf begrenzte Gebilde sind, beweist schon, dass sie auch Grenzschichten enthalten, die einerseits den Substanzaustausch, also Aufnahme wie Sekretion charakterisieren, ebenso wie auch die charakteristische Struktur und den Zusammenhang, also die Individualität dieser Gebilde garantieren.

Diese Oberflächenschichten des Plasmas sind colloidale Bestandteile, die wir nach den Colloidgesetzen, resp. Membrangesetzmässigkeiten beeinflussen können. Solche Beeinflussungen sind:

Veränderung der Permeabilität der Membran.
- a) Verdichtung der Membran, Verstarrung und Abtötung durch veränderten Stoffwechsel;
- b) Erhöhung und Verminderung der Permeabilität;
- c) Veränderung der Beziehung zum Milieu und zu ihresgleichen, wie die Agglutination, Ausflockung und Anpassungen;

Aufhebung des Zusammenhanges.
- d) Lokale Zerstörung, Auflösung der Membranen (Opsonin, Phagocytose);
- e) Lösung, Verquellung der Membran als Ganzes (Lyse);
- f) Entstehung von Präcipitationsschichten, Niederschlagsmembranen in der Umgebung der Bakterien-Herde als spezielle Heilungsreaktion.

Ich beschränke mich hier auf die Colloidprobleme der Immunität, die mit dem Membranproblem in einer Beziehung stehen. Ich halte mich umsomehr für berechtigt, diese Frage zu behandeln, als ich gerade die Vorfrage: Die Bedeutung des Colloidzustandes bei den Antikörper-Reaktionen vor sechs Jahren begonnen, speziell weil in letzter Zeit immer mehr Forscher der verschiedensten Schulen zu

Digitized by Google

der Überzeugung kommen, dass physikalische Momente für die biologische Bedeutung der Vorgänge höchst wesentlich sind.[1])

Die Einsicht, dass die wesentlichste Immunitätsreaktion unter colloidalen Körpern verläuft, also unter Strukturen einerseits, sowie die reine Beobachtung des Verlaufes und der Resultate der Vorgänge[2]) machen es unzweifelhaft, dass einerseits Strukturen sich auflösen, verflüssigen, ihre Festigkeit und Elastizität in neuen Kombinationen aufgeben, anderseits aber dass auch Strukturen entstehen werden (in der Präcipitation sichtbar, mit der Viscosimetrie nachweisbar). Dass Strukturveränderungen zu Anpassungen werden können, scheint selbstverständlich.

Diese Vorgänge können in Reagenzglas durch sehr viel Stoffe erzeugt werden.

Im Organismus, der sich selbst heilt, können wir keine chemisch-aktiven Stoffe haben und keine mächtigen Jonen und Reaktionsschwankungen noch osmotische Schwankungen, hingegen reiche Variation an verschiedenen strukturierten Colloiden, die als solche verfestigend, strukturierend und verquellend, lösend auf die Strukturen wirken. Dies steht fest, wenn wir auch eine durchgreifende, einfache Erklärung nicht haben.

In den Komplex der Veränderungen von strukturierten, festen Grenzmembranen gehören also in der Immunitätslehre und Bakteriologie verschiedene Gruppen von Prozessen: Die bekannteste ist die Auflösung der strukturierten, geformten Elemente, die Lyse, die durch sehr verschiedene Mittel chemischer und rein physikalischer Art bewirkt werden kann.

Unter den physikalischen Mitteln kommen in Betracht Stoffe, die die vorliegende strukturierte Substanz lösen, wie in einem flüssigen Lösungsmittel oder Substanzen, durch welche die Cohäsion der einzelnen Bestandteile der Membran aufgehoben wird — meist nur in einzelnen Stellen, ohne dass es zu einer kompletten (molekularen) Lösung kommt. Dieser Vorgang wird in der Mehrzahl der Fälle erzeugt durch Substanzen, die infolge ihrer eigenartigen Beziehung zum Wasser und

---

[1]) Vgl. Nicolle: Conception générale le l'immunité. Ann. Inst. Pasteur 1907/08, auch Arrhenius.

[2]) Die Arbeit von Nicolle (l. c.): „Sur la Conception générale de l'Immunité" kommt zum Schluss, dass es zwei Arten Prinzipien der Immunität gebe: Das koagulierende, fällende, also nach unserer Auffassung Strukturen verfestigende und das auflösende und damit Substanzen befreiende Prinzip. Die Theorie von Nicolle ist also in ihrem wesentlichen Anteil eine Spezialform der Colloidtheorie.

Digitized by Google

zu Salzlösungen dauernd im colloidalen Zustand darin vorliegen, sich also in einem Zwischenzustand zwischen fest und flüssig, zwischen Suspension und Lösung befinden. Die von lebenden Wesen stammenden organischen Colloide sind zugleich noch strukturiert, vgl. Stoffel, Tokar, Gokun).

Die Masse in diesem Zustand kann nun je nach Art und Konzentration andere netzbare, auch feste Colloide beeinflussen, dadurch, dass sie sich in jene Substanzen hineindrängt und deren Cohäsion aufhebt und die früher feste Substanz verflüssigt und in Lösung zieht, wie das bei Colloiden häufig beobachtet werden kann.

Dieser Prozess der Lysis geht nun im allgemeinen nicht in einem einfachen Milieu vor sich, sondern die so leicht veränderlichen Colloidfunktionen werden von kleinen Konzentrationen anderer Substanzen beeinflusst, die sich meist leicht in Oberflächen (mit Oberflächenspannung) hineindrängen, und so an der Grenzfläche eine relativ sehr hohe Konzentration erzeugen, die dem mehrere hundertfachen der Binnenkonzentration der Flüssigkeit entspricht (Milner, Lewis). Wir können folglich hier den Verteilungssatz nicht anwenden.

Ferner wird hieraus ersichtlich, dass sehr kleine Zusätze von andern Substanzen die Lösungs- und Konzentrationsbedingungen an den Grenzflächen stark verschieben werden.

Derart konzentrierte Substanzen verändern die Beziehungen der Grenzflächen bereits in äusserst geringen Schichtdicken von Millionstel Millimetern in typischer Weise; diese Konzentrierung an Colloidschichten kann der ganzen Schicht neue Eigenschaften verleihen in bezug auf Festigkeit, Netzbarkeit, Durchlässigkeit; vor allem kann sie wie eine Art Beize wirken, verschiedene Absorptionen, Lösungsfähigkeiten erzeugen, wodurch andere Substanzen angezogen werden. Neu in Reaktion tretende Substanzen können abermals analoge Reaktionsreihen erzeugen.

Treten Substanzen in denjenigen Konzentrationen auf, die zur Auflösung, zur Verquellung, zur Aufhebung der mechanischen Festigkeit führen, dann erfolgt Aufhebung der individuellen Struktur, das Zell-Individuum und dessen Vermehrungsfähigkeit ist zerstört. (Heilung durch Auflösung bei vielen Infektionen).

Kommt es nicht zu einer Aufquellung und Lösung und damit zu einer Verteilung in der Flüssigkeit, sondern bleibt die individuelle Einheit bestehen, so haben die oben erwähnten Veränderungen durch Konzentration an der Grenzfläche — (die Folgen sind substanzielle Konzentrationsveränderungen des Milieus in bezug auf Colloide und Cristalloide) — eine Funktionsänderung (Anpassung etc.) in irgend einer

Digitized by Google

Hinsicht zur Folge, wie sie in den letzten Jahren in einer sehr grossen Zahl von Variationen realisiert worden sind.[1])

Diese verschiedenen Veränderungen colloider Membranen, die wir heute als physikalische Vorgänge unter systematisierte Gesichtspunkte bringen können, sind biologisch ausserordentlich verschiedenartige Erscheinungen, die speziell nach der häufigen, biologisch-teleologischen Abgrenzung und Benennung durchaus keine Zusammenhänge zu haben schienen. Hieher gehören die Erscheinungen, die sich gleichzeitig mit den verschiedenen Veränderungen der Bakterien in ihren Lebensprozessen und ihrer Empfindlichkeit zeigen, wie die Veränderung der Agglutinierbarkeit, der verschiedenen Formen der Anpassung — Anpassung an die Verteidigungssubstanzen des Organismus — Anpassung an bestimmte Tierarten durch Tierpassagen — Steigerung der Virulenz. Unter diesem Gesichtspunkt vereinigen sich auch die Fälle, wo der Organismus und die Bakterien sich gegenseitig anpassen, resp. sich gegenseitig abschliessen (latenter Microbismus). — Diese Art Anpassung der Grenzmembranen (resp. Funktionsänderung) hat manchmal einen sogar morphologisch, resp. mikroskopisch verfolgbaren Ausdruck in der Verdickung der Bakterienhüllen — wie z. B. beim Milzbrandbazillus im infizierten Organismus. — Meist aber erfolgt die Anpassung an eine sukzessive Steigerung, resp. Veränderung im Lebensmilieu, die sich in der Kultur mit verschiedenen, langsam steigenden Zusätzen gerade so verfolgen lässt wie in Tierpassagen.

Anmerkung. Eine für die Bakterien ebenso wichtige Durchlässigkeitsveränderung von Membranen und Grenzschichten besteht bei den Leucocyten in bezug auf periodische Abscheidung bestimmter gelöster Substanzen, die die Bakterien zerstören. Die Sekretion solcher baktericider Substanzen ist nun unter allen Umständen eine Folge des Milieus. In Kochsalzlösung treten sie nicht aus, bei Zusatz von Eiweiss, resp. Serum treten sie aus und zwar ohne dass die Leucocyten in ihren Lebensfunktionen irgendwie gestört würden.[2])

Andere Immunstoffe scheinen auch durch andere Substanzen befreit zu werden, zum Beispiel durch Spuren Zusatz von Alkohol.

---

[1]) Anpassung der Bakterien an die Immunkörper in der Kultur, an den menschlichen und tierischen Organismus, Kapselbildung, Milzbrand, Bazillenträger nach Heilung bei Typhus, Meningococcen, Pneumococcen, ferner Rotlauf etc. Anpassung an Trypanrot, Arsenpräparate (Ehrlich) etc. etc. nach analogen Gesetzen, wie die vielen Anpassungsarten grösserer Tiere, Undurchlässigwerden des Darmes für Arsen (Cloetta).

[2]) Schneider, R. Sitzungsber. der morph. phys. Ges. München. 23. 1908, p. 126. Er fand als Optimum für die Sekretion dieser Substanzen zirka 5 % Serum. Schneider bezeichnet sezernierte baktericide Substanzen der Leucocyten unter Eiweisswirkung als Leucine.

Digitized by Google

## Lokale Veränderungen von Membranen bei Immunitätsvorgängen.

Das Membranproblem muss bei den aktuellsten Immunitätsproblemen, den Opsoninen[1]), sicher den Hauptfaktor enthalten, denn das morphologische Kriterium ist Durchbruch durch eine Membran mit Hülfe einer Substanz. Wenn die Lösung des Bakteriums folgt, muss eine zweite Membran gelöst werden.

Mindestens müssen wir uns klar sein, dass das allein der Vorgang ist, den wir als Index messen, dem parallel wir alle Funktionen denken; die durch den Membrandurchbruch geschaffenen absolut neuen Bedingungen für den Colloidprozess der Lysis etc. können wir künstlich in den meisten Fällen nicht verfolgen (weil dieser Prozess langsamer verläuft); aber festzuhalten ist, dass wir bei der Betrachtung der opsoninischen Vorgänge mit zwei sich folgenden, zeitlich sich bedingenden Colloid-Membranvorgängen denken sollten und von allem andern, was immer wir auch zu supponieren geneigt sind, wir nichts bestimmtes über die ferneren Vorgänge wissen.

Bei der Opsoninwirkung ist das Verhältnis des beobachteten und gedeuteten viel evidenter und augenscheinlicher eine Colloidfunktion, als bei der Lysis, doch werden wir immer mehr dazu gedrängt, einzusehen, dass es sich auch dort nur um eine Aufhebung der Strukturen handelt und dass die Colloide bestehen bleiben.

Versuchen wir den Vorgang der Opsoninwirkung in der Phagocytose zu analysieren.

Die Phagocytose ist eine in ihrem physikalischen Wesen sehr komplizierte und in mehrere zeitlich selbständige Reaktionsphasen getrennte Immunitätsreaktion, von denen die Opsoninwirkung nur eine der Variablen darstellt, die bis heute isoliert und verfolgt worden sind.

Der ganze Vorgang besteht darin, dass Bakterien und kleine Körnchen unter Vermittlung bestimmter Substanzen die Leucocyten-Membran an einer Stelle lädieren und lösen; das kleine Körperchen kann dann durch verschiedene Kräfte in die Leucocyten hineingezogen werden, oder nur an ihm haften bleiben (Milzbrand). Die Hereinbeförderung kann durch eine Substanz erfolgen, die die Oberflächenspannung beeinflusst. Es kann aber auch durch das Zusammentreffen verschiedener colloidaler Substanzen vom Bakterium und Leucocyt relativ schnell eine strukturierte Masse entstehen, die in manchen Fällen auch färberisch darstellbar ist.

---

[1]) Vergl. Vryburg: Versuche über die Bedeutung der Opsoninlehre etc. Diss. Zürich 1908.

Digitized by Google

Von diesem Zustand aus, währenddessen dem Bakterium noch nichts geschehen zu sein braucht, können nun eine Reihe neuer Prozesse eintreten: entweder bringen die intracellulären Substanzen das Bakterium zur Auflösung, zerstören es auch morphologisch, oder es kann auch ungeschädigt erhalten bleiben und frei werden.

Auch das Agglutinationsproblem kann unter diesem Gesichtspunkte betrachtet werden.

Dass colloidale Substanzen temporär und unter bestimmten Bedingungen aus Zellen austreten, ist bewiesen. Es gibt also eine Permeabilitätsänderung in bezug auf Colloide. Je nach der Konstellation, in der sich die diese Colloide sezernierenden Zellen befinden, wird die physikalische Folge verschieden sein. (Gelatinisierung, Fermentwirkung; Ausflockung bei Suspensionen oder Oberflächenhäute.)

Bei Suspension von Hefezellen treten unter den verschiedensten Bedingungen Substanzen aus, die eine Agglutination der einzelnen freien Hefezellen zur Folge haben[1]). Wenn wir nun annehmen müssen, dass schleimige, colloidale Substanzen unter bestimmten Bedingungen aus einzelligen Lebewesen austreten und Agglutination erzeugen können, stellt sich sofort die Frage, ob und inwieweit die Bakterienagglutination nicht eine Folge eventuell sezernierter und nicht nur exogener Colloide sei, so dass die Fragen der Agglutination mit zu den Fragen nach den Permeabilitätsänderungen der Membranen in Beziehung treten werden. Demgemäss sollte die Frage nach den Wesen der Agglutination auch von einem andern Standpunkt aus untersucht werden: Inwiefern hängt die Agglutination mit durch die Serumstoffe verursachten Permeabilitätsänderungen der Bakterienhüllen zusammen.

Anmerkung. Dass bei den Immunisierungsprozessen bei der Auflösung strukturierter Bestandteile, bei der Fällung und Bindung, bei der Abkapselung Colloidprozesse eine Rolle spielen, kann heute wohl kaum in Abrede gestellt werden. Dass die diese Veränderung auslösenden Körper Colloide sind, resp. keine wesentlich 'osmotisch wirksamen Stoffe, ist wohl ebenfalls allgemein zugegeben. Wenn wir aber die Erfahrung machen, dass in allen Gruppen der wesentlichen Körperbestandteile chemisch ganz verschiedene Individuen in den Milieuverhältnissen, wie sie der Körper bietet, in den verschiedenen Stufen des Colloidalzustandes auftreten, so ist es a priori wahrscheinlich und das Gegenteil müsste

[1]) Hefeagglutination Will, Zentrbl. f. Bakt. (2) 4. 1898, p. 130. — Macfadyen. Zentrbl. f. Bakt. (1) 30. 1901, p. 368. — Barendrecht, Zentrbl. f. Bakt. (2) 7. 1901, p. 623. — Pasteur. Ann. de chim. Physique 58. 1868, p. 323. — Prior, Zentrbl. f. Bakt. (2) 4. 1896. — Pantanelli, Rend. Acc. Lincei 14. 50. 12. 1905, p. 723. — Die Agglutination wurde als Colloidprozess behandelt von Bechhold und Mitarbeiter, Friedemann, Bürgi. — Archiv f. Hygiene, B. 62, p. 239, 1907. — Buxton. Teague u. a. Zeitschr. f. phys. Chemie 1907 u. A.

Digitized by Google

erst bewiesen werden, dass Eiweisse, Fettkomponenten und Kohlenhydrate, je nach ihren Lösungsbedingungen beim Zusammentreffen mit andern, zum Beispiel strukturierten Colloiden, diese in ihrem Festigkeitszustand beeinflussen können und damit strukturierte und durch die Struktur als Individuen, als Rassen charakterisierte Colloidkomplexe ihres innern Zusammenhanges berauben und damit in ihren wesentlichen Eigentümlichkeiten des Wachstums und der Vermehrung zerstören können. (Die Versuche von K. Meyer sollten wieder aufgenommen werden.)

Dass die Immunisierung im ganzen Gebiet der Lebewesen nach analogen physikalischen Gesetzen verläuft, ist wohl sicher. Dass aber die Ausheilung und die Zerstörung mit ganz verschiedenen Mitteln erreicht werden muss, ist wohl eine a prioristische Forderung, die ich schon vor Jahren vertreten und die uns zwingt, den Zerstörungsprozess von Bakterien mit verschiedenen Kapseln, Membranen etc. auch auf andere Agenzien zurückzuführen.

Es ist natürlich nicht gesagt, dass der Mechanismus der Produktion der Immunkörper nicht in verschiedenen Fällen der gleiche sein könne, aber die Immunkörper selbst können aus den oben angegebenen Gründen nicht gleichartig sein.

## Zerstörung der Membran, die Lyse.

Als Beispiel der Zerstörung[1]) gleichartiger, zelliger Gebilde ist die Hämolyse am eingehendsten untersucht worden. Die verschiedenen Ursachen der Hämolyse zu kennen, hat noch einen ganz speziellen Wert, weil sie neuerdings als spezifisches Reagenz in verschiedener Richtung verwandt wird.

Wenn wir von den mechanisch wirkenden Mitteln (wie Gefrierenlassen, Zerreiben, osmotischen Druckwirkungen) absehen, haben wir eine Gruppe von chemisch-hämolytischen Stoffen, wie die Alkalien, die Säuren, verseifende Agenzien, ferner fettlösende Stoffe, wie Äther, Öle, Harnstoff, basische Farbstoffe; dann kennen wir Hämolyse durch Fettfermente (Neuberg und Reichel), durch colloide Stoffe (Kieselsäure, Lecithine, Seifen, event. Fettsäuren).

Arrhenius hat im Frühjahr 1908 eine neue Arbeit über Hämolyse publiziert (Schriften des Nobel-Institutes), in der er sich den physikalischen Vorgängen bei der Hämolyse zuwendet und deren Bedeutung als ausschlaggebend anerkennt, ohne auf die Struktur der Colloide einzutreten. Es geht aus von den alten Experimenten von Arrhenius und Madsen und von denjenigen, die von W. Frei in meinem Laboratorium gemacht worden sind, und bringt eine Reihe neuer

---

[1]) Dass ein festes Colloid als eine zusammenhängende Membran die typischen Eigenschaften der Abgrenzung nach verschiedenen Richtungen aufgeben kann, ist einleuchtend. In dem Umstand, dass eine trennende Schicht einbricht oder sich löst, ist keine spezifische Einwirkung charakterisiert. Dieser Vorgang wird erst ein Masstab für spezifische Einwirkungen, wenn alle andern Faktoren gegeben, wenn die Wirkung nur eines bestimmten Faktors gemessen wird an der Hämolyse.

Digitized by Google

Ideen und hämolytischer Kombinationen, die in grossen Reihen weiter quantitativ wiederholt zu werden verdienen.

Arrhenius betont also in seiner letzten Arbeit (1908), dass Löslichkeitsverschiebungen bei der Hämolyse eine Rolle spielen.[1]) Da der Colloidalzustand als eine Spezialform, resp. Übergangsform der Lösung zu Strukturen betrachtet werden muss, ist in der Colloidtheorie implicite die Bedeutung der Lösungsverhältnisse anerkannt. Dass es sich aber nicht um die Lösungstheorie im gewöhnlichen Sinne handelt [wo man für die quantitativen Vorgänge durch die Methoden der Gefrierpunktsbestimmung, des Dampfdrucks, der Siedepunktserhöhung, fraktionierte Krystallisation, fraktionierte Diffusion. Leitfähigkeit die zur theoretischen Behandlung notwendigen Daten erhalten kann], beweist der Umstand, dass die Immunitätsvorgänge sich nicht mit diesen Methoden verfolgen lassen. Es war deshalb gleich bei der ersten Aufstellung der Colloidtheorie notwendig, die hier in Betracht fallenden Vorgänge mit den bekannten Tatsachen der Lösungstheorie in Beziehung zu stellen und gleichzeitig zu betonen, dass ein Fort-

---

[1]) Ich stelle die Schlussfolgerungen gegenüber.

Arrhenius:

Als allgemeines Resultat dieser Untersuchung kann angesehen werden, dass einfache physikalische Verhältnisse, speziell die Änderung der Löslichkeit, viele Erscheinungen hervorrufen, welche früher (von der Frankfurter Schule) sehr komplizierten chemischen Prozessen zugeschrieben wurden, vor allem der Bindung von Alexinen (Komplementen) an Immunkörpern (Amboceptoren), die wiederum an den Blutkörperchen (Receptoren) gebunden waren, ebenso wie die konkurrierende Bindung von Alexinen (Komplementen) an Antialexinen (Antikomplementen). Andere solche Prozesse, die zur Erklärung solcher Erscheinungen herbeigeholt wurden, sind die gegenseitigen Ausfällungen von Colloiden. Alle diese Erklärungsweisen lassen uns jedoch zum grossen Teil im Stich bei der Deutung der oben beschriebenen Erscheinungen, die aber alle in sehr einfacher und ungezwungener Weise mit Hilfe der bekannten Eigenschaften der Löslichkeit verstanden werden. Die Sensibilisierungs-Theorie von Bordet ist dadurch in vielen Punkten gewissermassen bestätigt und präzisiert worden.

W. Frei:

Die Hämolyse ist die Folge von Veränderungen der Permeabilitätsverhältnisse oder völligen Zerstörung einer Membran. Die dabei stattfindenden Einzelvorgänge sind physikalisch-chemischer Natur. Begleitende chemische Prozesse sind uns unbekannt. Die Gesetze der Hämolyse sind Gesetze der physikalischen Chemie.

Die bestimmte messbare Hämolyse ist die Resultante einer Reihe einander folgender, sich bedingender Prozesse, die alle bestimmten Gesetzen der Physik und physikalischen Chemie folgen. Die diesen Gesetzen entsprechenden Reaktionskurven (deren Anfänge zeitlich verschieden sind) superponiert ergeben die Kurve der Hämolyse. (Vergl. ferner Zangger, Centralblatt f. Bact. XXXVI. 1905. p. 237. Ref. über Lösungsbeeinflussungen und deren Bedeutung.

Digitized by Google

schritt der Erkenntnis dieser Vorgänge darin liegt, die Unterschiede gegenüber den Vorgängen in reinen Lösungen festzustellen. Gerade weil die Immunitätsvorgänge sich nicht mit den Methoden, die die Basis der Lösungstheorie sind, verfolgen lassen, nicht quantitativ mit jenen Gesetzen übereinstimmen, wurde nach dem Grundsatz der Differenzierung und Analogisierung, der in den Naturwissenschaften zur Klassifizierung allgemein verwandt werden muss, nach verwandten Erscheinungsgebieten in der Physik, Chemie, Physiologie und Technik gesucht und überall stellte sich als wesensverwandt die grosse Gruppe der Colloide ein.

Die Bakterien-Membranen können noch in mancher Richtung verändert werden. Sie können als Colloide entgegengesetzt geladene Colloide absorbieren, speziell die Metall-Hydroxyde, wie sie bei einer Reihe der früher verwendeten Desinfizienzien wirksam sind (Kupfer- und Eisensalze).

Die Membran kann substanziell dadurch verändert werden, dass sich auf ihr Substanzen niederschlagen (analog wie die Präzipitine). Ich habe in der letzten Arbeit schon darauf hingewiesen, dass der Heilungsprozess durch Abkapslung ein Colloidprozess sein dürfte, analog der Präzipitinbildung in vitro: Also eine Kombination von zwei sich ausfällenden Colloiden, den körperfremden Bakteriensubstanzen und den Reaktionssubstanzen des Körpers auf diese. Diese Präcipitierung bedeutet die Entstehung einer neuen Verbindung dieser zwei Stoffe, die sich vom flüssigen beweglichen Milieu abtrennen und sich sekundär zu Strukturen zusammenordnen, die nach der Erfahrung der letzten Zeit die Eigenschaft bekommen, durch Fermente, selbst durch Bakterien, sehr schwer aufgelöst und verflüssigt zu werden. Alle diese Zeitvorgänge gehorchen auch nach ihren quantitativen Beziehungen bei der Reaktion den für Colloidprozesse charakteristischen Gesetzen.

Die Bakterien haben einen durch ihre Hüllen geregelten und charakterisierten Austausch.

Wir haben aber gesehen, dass diese Hüllen sich verändern können, sogar morphologisch sichtbar, wie beim Milzbrand, sicher aber auch funktionell bei Züchtung der Bakterien auf verschiedenen Nährböden und bei Veränderung der Virulenz.

Dass sich Bakterien, wie zum Beispiel die Typhusbazillen, durch die spezifischen Seren nicht agglutinieren lassen, wenn sie im Tierkörper gewachsen sind und nicht auf einem gewöhnlichen Kulturboden, muss auch auf Veränderung der Membranen bezogen werden. Ob diese Veränderung der Bakterienhülle nur eine Veränderung der

Digitized by Google

oberflächlichsten Schichten bedeutet, oder ob eine Anlagerung aus dem Tierkörper darauf erfolgte, oder aber ob die Veränderung der Membran eine Reaktion aus dem Innern heraus bedeutet, ist noch gar nicht diskutiert worden.

Diese erst in den letzten Jahren gut ausgebaute Tatsachenreihe zeigt die Colloideigentümlichkeiten, speziell der festen strukturierten Massen, wie es eben Bakterien und Körperzellen sind, in ganz neuer Bedeutung und beweist eigentlich, dass wir erst im Anfang sind und noch viele Konsequenzen des Colloidzustandes zu erwarten haben.

Ich meine speziell den Gegensatz der Antikörperbildung und der Bildung oder Anpassung von Strukturen an die andern Verhältnisse, die Anpassung des Organismus an die Bakterien und der Bakterie an den Organismus der betreffenden Tierart.

Wir haben eben in den Strukturen eine viel grössere Zahl von realisierbaren Möglichkeiten der Anpassung und Strukturierung, resp. verschiedene Abstufungen des einen Prozesses (auch verschiedene Arten von Prozessen), die zu demselben oder analogen biologischen Effekt führen (Heilung, Zerstörung der Bakterien, Abkapslung), als wir uns nach den gewöhnlichen physikalischen Vorstellungen der Verhältnisse von fest und flüssig denken können. Die langsamen Übergänge von flüssig zu fest resp. zu den Strukturen interessieren uns sonst in der Wissenschaft wenig, ihrer Langsamkeit wegen ärgern sie uns höchstens bei gewöhnlichen chemischen Arbeiten, wo wir hauptsächlich mit Lösungsmitteln, die schnell Gleichgewicht schaffen und deren Entfernung zur Kristallisation führt, arbeiten. Hingegen kennen wir keine biologischen Prozesse, die nicht an das Colloid-Milieu gebunden wären.

Aus dem bis jetzt Besprochenen soll hervorgehen, dass wir diese verschiedenen Formen der Übergänge von flüssig zu fest untersuchen müssen und biologisch interessiert uns speziell das Problem der Entstehung fester Schichten, die zur Membranbildung, Membranzerstörung und Membranveränderung in den Organismen führt.

## Über die physikalischen Probleme der Grenzflächen.

### Lokalisation der Grenzflächenkräfte.

Bis jetzt wurden die Tatsachen betrachtet, die durch die Gegenwart von Substanzen an und in Colloiden hervorgerufen werden, die sich experimentell reproduzieren lassen, aber bis heute wenig beachtet wurden.

Digitized by Google

Jetzt sollen noch die physikalisch gutbegründeten Gesetzmässigkeiten angeführt werden, die die Lokalisation verschiedener Substanzen in bestimmten Trennungsflächen bedingen können. Die Resultate, die wir bei Entstehung und Auflösung strukturierter Colloide sehen, sind Folgen von Substanzverschiebungen und Konzentrationsänderungen und daraus erfolgenden Verschiebungen der Löslichkeiten und Permeabilität etc. Alle diese Substanzenkonzentrierung ist eine natürliche Folge von bestimmt lokalisierten Kräften, die ihrerseits wieder Substanzlokalisationen, also Verschiebungen und Konzentrierungen zur Folge haben.

Die wesentlichste Eigentümlichkeit dieser langsam verlaufenden Prozesse liegt allgemein ausgedrückt darin, dass sie aus einer grossen Reihe sich bedingenden Reaktionen zusammengesetzt ist.

## Über die physikalischen Probleme der Membranen.

Es handelt sich hier um Grenzflächenkräfte, die längst bekannt, die aber biologisch wenig beachtet wurden.

Dass Cohäsions-, Adhäsions-, wie auch Adsorptions- und Lösungsfragen direkte, wenn auch nicht einfache, sondern sehr stark modifizierbare und modifizierte Folgen der chemischen Eigenart und Struktur der Substanzen sind, habe ich in den früheren Arbeiten (über Membranen etc.) hervorgehoben.

Dieses Abhängigkeitsverhältnis scheint mir in den Grössenordnungen der einzelnen beweglichen Komponenten zu liegen, doch haben wir über diese hier in Betracht kommende Grössenordnung der Massenbeziehungen einerseits sehr wenig Aufschluss und experimentelles Material, resp. Methodik: nur durch Konvergenz der Resultate und räumliche, vergrösserte Modelle drängen wir nach und nach bestimmteren, aber immer weiter zerlegbaren Vorstellungen zu. (Optische Methoden, oft noch kombiniert mit verschiedenen Beeinflussungen.)

Von der morphologischen Seite her dringen wir in dieses Gebiet durch das Mikroskop und die Veränderungen der damit sichtbaren Strukturen, von unten her durch die Struktur- und Raumchemie. Zwischen Elementen, die mit bezug auf die Grössenordnung zwischen Chemie und Morphologie liegen, also zwischen der Raumzerlegung durch die Mikroskopie und jener durch die Molekülsynthese liegen nun massenhafte Beziehungen, die wir in der Chemie empirisch sehr viel benützen, die aber vor allem die wesentlichen Rätsel des Lebensprozesses, der Strukturierung, der strukturellen Individualität umschliessen.



Digitized by Google

Bei der Untersuchung dieser Übergänge zwischen Physik und Chemie liegen die Schwierigkeiten darin, dass das Ganze strukturelle Eigenschaften hat, also kommen ausser den Bestandteilen besonders die Anordnungen (primär und sekundär bedingt) im Raum in Betracht. (Wenn wir uns in irgend einem Modell die Variationsmöglichkeiten des räumlichen strukturellen Aufbaues vorstellen wollen, steigt die Zahl der Möglichkeiten fast ins Unübersehbare.)

Wenn wir diesen Rätseln des Colloidalzustandes näher kommen wollen, dann müssen wir mit guten Methoden quantitativ festzustellen versuchen, wie weit hinein in flüssige Systeme sich die physikalischen Eigenschaften der Festigkeit, vor allem der Elastizität, der elastischen Nachwirkungen verfolgen lassen und wie sukzessive die reversiblen Eigenschaften der homogenen Lösungen sich zurückbilden und sich Funktionen von festen Körpern einstellen. Vergl. Diss. Stoffel.

Wenn wir Strukturen beweisen wollen, müssen wir dartun, dass der anscheinend flüssige Körper sich von wirklich homogenen Flüssigkeiten wesentlich unterscheidet.

Speziell muss man diese Körper abgrenzen gegen die gewöhnlichen plastischen Substanzen, wie Schmelzen, Öl, Glyzerin.

Wenn ein Stoff sich lokal konzentriert, dass in bestimmten Bezirken die Zusammensetzung eine andere wird, als in der Umgebung, wenn durch Zusammenschluss von Molekülen Trennungsflächen auftreten, so werden diese der Sitz von Kräften. (Tatsachenmaterial hiefür, vgl. Kapitel: kritische Schichtdicke der letzten Arbeit.[1])

Dass sich eine sehr grosse Zahl von biologischen Wirkungen bestimmter Substanzen und Konzentrationen nur mit solchen Oberflächenwirkungen erklären lassen, wird immer unabweisbarer (Wirkungen sehr kleiner Konzentrationen von Salzen, Giften etc.). Eine sehr grosse Zahl organischer Substanzen, die in der Biologie eine Rolle spielen, drängen sich, sobald sie beweglich sind, in Oberflächen hinein, resp. an andere unter sich organisierte Molekül-Komplexe heran. Diese Erscheinung ist eben die Folge der oben erwähnten Tatsache, dass jede Grenzfläche der Sitz von Kräften wird.

Diese Kräfte bewirken Konzentrationsverschiebung und spezielle Konzentrationserhöhung in den Grenzflächen mit einer Reihe von durch die Art des konzentrierten Stoffes bedingten Konsequenzen:

a) Sekundäre Attraktion verwandter Moleküle (Verfestigung von Colloiden zu Membranen und Entstehung neuer Oberflächen).
b) Veränderung von Lösungswirkung infolge der stark erhöhten Konzentration auf die Phase mit den kleinen Krümmungsradien,

[1]) Diese Vierteljahrsschrift 1907.

Digitized by Google

in der anfangs nichts gelöst war. Es ist also eine indirekte Beeinflussung der Diffusion möglich. Sie wird dann eintreten, wenn die konzentrierte Flüssigkeit stark netzt und Lösungsaffinitäten zu der zweiten Phase hat, jedoch wird die Diffusion nicht etwa nach dem der Konzentration in der Grenzfläche entsprechenden Partialdruck erfolgen.

Es treten also da, wo bestimmte Grenzflächen auftreten, auch flächenhaft ausgedehnte Verschiebungen in den Lösungsbedingungen auf.[1])

Evidente physikalische Notwendigkeit ist, dass diese Konzentration an der Grenze auch einem Konzentrationspotential in die andere Masse hinein entspricht. Ein Umstand, der natürlich dann in Betracht kommt, wenn die Substanz beeinflussbar ist durch höhere Konzentrationen (wie es häufig bei Löslichkeiten etc. der Fall ist). Harnstoffe etc.

Die Dicken- und Tiefenausdehnung dieser Wirkung beschränkt sich aber auf eine äusserst schmale Zone (dünne Schicht), so dass die Gesamtverschiebung der Massen in bezug auf die Konzentration in der Innenflüssigkeit in Lösungen für gewöhnlich eine sehr geringe, meist nicht messbare Abnahme zeigt.

Als rein physikalische Zustände, die bedeutungsvoll sind für die Biologie, kommen zwei in Betracht, wenn nämlich die Oberflächenausdehnung sehr gross wird und die Krümmungsradien der Grenzflächen sehr klein; erstens werden dann die Grenzkonzentrationen die Binnenkonzentrationen ganz beherrschen, so dass wir aus der Binnenkonzentration kaum mehr auf die wirksamen Konzentrationen im Anfangszustande schliessen können.

Die Konzentrationen an den Grenzflächen werden dann immer mehr, d. h. relativ grössere Massen an sich ziehen, je kleiner der Radius der absorbierenden Grenzfläche, je feiner verteilt die Masse.

Wenn diese Grenzflächen immer kleinere, unter sich unabhängige korpuskuläre Elemente umschliessen, wird die Ausdehnung der Oberfläche in bezug auf die Masse immer grösser (wie die Oberflächenberechnung bei Emulsionen, Blutkörperchen und colloidalen Metallen zeigen). Die Gesamtoberfläche ist der Dimension der Einzelteile verkehrt proportional, wie leicht zu berechnen ist.

---

[1]) Maxwell u. Kelvin. Es ist sehr merkwürdig, dass diese wichtigen Faktoren schon über 30 Jahre experimentell und theoretisch bearbeitet sind, dass sie aber spez. den Biologen eigentlich kein Bedürfnis schienen und fast unbeachtet blieben. Es scheint auch betonenswert, dass Maxwell und Kelvin die grosse Bedeutung der Arbeiten von Gibbs sofort erkannten und in den wissenschaftlichen Gesellschaften ihrer Städte sogleich Vorträge über das Problem hielten.

Digitized by Google

Dazu steigert sich, resp. multipliziert sich die Wirkung der Oberflächenspannung noch weiter bei der Kleinheit der Krümmungsradien und daraus folgender grösserer molekularen Wirkungssphäre in das umgebende Medium bis zur Grösse $\frac{\gamma}{2}$ (Kelvin).

Wenn wir jetzt schon durch diese Steigerung der Oberflächenwirkung diese ungemein erhöhen durch die feine Verteilung der Massen, kommt noch weiter dazu, dass an solchen Oberflächen sich bestimmte, hoch konzentrierte Substanzen dem festen Zustand nähern und durch Entstehung neuer Oberflächenkräfte noch weitere Substanz konzentrieren. Diese Konzentrierung ausschliesslich in den Grenzflächen lässt sich quantitativ experimentell nachweisen (Milner, Lewis, ferner Gibbs und Zawidsky, Ramsden).

Aus den Gibbsschen Ableitungen geht hervor, dass (Scientific papers I, pag. 219) "It is only within very small distances of such a surface that any mass is sensibly affected by its vicinity — a natural consequence of the exceedingly small sphere of sensible molecular action."

Aus seinen Voraussetzungen berechnen sich die Konzentrationsverschiebungen nach der Formel $\Gamma = -\frac{c}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dc}$. Hiebei ist $\Gamma$ die in der Einheit der Oberfläche adsorbierte Stoffmenge, $\sigma$ die Oberflächenspannung an der Grenze, $c$ die Konzentration der Lösung, $T$ die absolute Temperatur, R die Gaskonstante. Diese Formel berücksichtigt die Grösse der Oberfläche und die Erhöhung der Gesamtoberflächenspannung durch die Verkleinerung der Krümmungsradien; sie gibt aber nach den experimentellen Resultaten nach Milner und Lewis bis zu 100- und mehrfach zu kleine quantitative Werte. Alle diese Verhältnisse haben mit dem Verteilungssatz nichts zu tun. Der Verteilungssatz würde gerade diese Punkte sogar ausschliessen. Die Verkleinerung des Krümmungsradius hat nun in bezug auf die Erhöhung der Summe der Oberflächenkräfte eine untere Grenze, die aber weit unter der mikroskopischen Grössenordnung liegt. Diese Faktoren sind von Arrhenius in keiner Weise berücksichtigt worden.

Wir haben bis jetzt den erwähnten zweiten Faktor noch gar nicht berücksichtigt, nämlich die Wirkung dieser Konzentrationen auf die Verteilung der Substanz innerhalb der durch die stark gekrümmten Oberflächen begrenzten Masse, sobald sie in derselben löslich ist; bis jetzt betrachteten wir theoretisch wie experimentell nur solche Systeme, wo die sich konzentrierende Substanz nur in dem einen Medium löslich war, also an den Oberflächen blieb und festgehalten war.

Digitized by Google

Kaufler[1]) hat vor mehreren Jahren rechnerisch nachgewiesen, dass die Konzentration im Innern von durch stark gekrümmte Oberflächen begrenzten Massen stark zunehmen muss, und zwar aus der Wirkung der Oberflächenspannung allein. Die Berechtigung dieser Ableitungen wurde von den verschiedensten Seiten anerkannt. Wir hätten also hier eine zweite Folge der stark gekrümmten Oberflächen oder, anders ausgedrückt, der feinen Verteilung des Materials. Die Wirkung der Verschiebung hat dieselbe Tendenz, wie die Konzentrationserhöhung an den Oberflächen. Diese Tendenz wird wirksam, sobald die verschiedenen Substanzen ineinander löslich sind, resp. sobald der sich konzentrierende Körper in der gekrümmten Phase löslich ist.

Es bestehen also zwei im Verteilungssatz über die Löslichkeiten nicht berücksichtigte Faktoren, die eine Erhöhung der Konzentration in den mit krummen Flächen begrenzten Medien bewirken und zwar graduell äusserst verschieden. Die beiden Faktorengruppen sind direkte Folgen einer bestimmten, Flächen bildenden, strukturellen Anordnung eines der Komponenten.

Inwieweit diese Faktoren Gelegenheit zur Betätigung haben, hängt also von der Flächenausbildung des Systems ab.

Selbstredend verlieren die gewöhnlichen Lösungsbeziehungen, wie sie im Verteilungssatz, osmotischen Druck etc., ausgedrückt sind, hier nicht plötzlich ihre Richtigkeit, sondern parallel mit dem Auftreten der Strukturierung; ebenso tritt die Wirkung strukturierter Molekülkomplexe erst langsam als Oberflächenwirkungen und Grenzflächenwirkungen in Erscheinung, wenn diese die entsprechende Grössenordnung erreicht und eine Inhomogenität des ganzen Systems bedingt haben. Gerade diese Faktoren treten in jenen Systemen auf, die aus oben besprochenen Gründen als speziell physikalischer Zustand schon längst charakterisiert wurden und deren hervorragende Eigenschaften gerade in den Abweichungen von den Lösungsgesetzen und in der Annäherung an Aggregat und Flächenwirkung bestehen, in den colloidalen Lösungen.

Wenn Arrhenius, nachdem er in der letzten Arbeit 1908 hauptsächlich die Erhöhung und Veränderung der Löslichkeit durch kleinste Zusätze als einen Hauptfaktor speziell der komplexen Hämolyse hinstellt, auch noch die Bedeutung der oben geschilderten neuen, von den gewöhnlichen Lösungsgesetzen abweichenden, physikalisch aber gut erklärbaren Faktoren, als für die Immunitätsreaktionen ent-

---

[1]) Kaufler, F. Über die Verschiebung des osmotischen Gleichgewichtes durch Oberflächenkräfte. — Sitzungsber. Akad. Wiss., Wien. Math.-natur. Klasse CXI. II. a. Juni 1902.

Digitized by Google

scheidend und wichtig anerkennt, dann würde sich die Auffassung Arrhenius mit der unsrigen treffen.

Was für Entdeckungen und welche Erklärungen von Zusammenhängen sind direkt oder indirekt auf die Colloidtheorie der Immunität zurückzuführen?

Eine Tendenz nach neuen Begriffen macht sich geltend, speziell für die Immunität, für die lokale Unempfindlichkeit auf Bakterien wie Toxine eine umfassende Analogie zu finden, die das Wesen dieses Zustandes erklären soll — Metschnikoff nennt es lokale Immunität. — Calmette, Délearde, Citron u. a. gehen einen Schritt weiter in der Lokalisation ihrer „histogenen Immunität"; Sauerbeck und Eisenberg sprechen von strukturellen Anpassungen und Adaptations-Immunität. Alles drängt strukturellen Erklärungen, Variationen zu, die mehr abstufbar sind. Es braucht kaum darauf hingewiesen zu werden, dass der einzige, alle diese Vorgänge umfassende Begriff in bestimmten Formen des Colloidalzustandes zu suchen ist.

Die Colloid-Theorie der Immunität verbindet und umfasst die phänomenologisch so differenten Vorgänge im Immunitätsgebiet, von der Toxin-Antitoxinreaktion bis zur Fällung, Agglutination, Phagocytose, Opsonisierung, Lyse. Das gemeinsam Verbindende, von der Bedeutung des Auftretens einer Substanz in colloidaler Form im Lösungsmittel Wasser an, bis zur Bedeutung der **Strukturierung** colloidaler Substanzen für diese Vorgänge, ist der Geltungsbereich der Colloidtheorie.

Diese physikalische Theorie ist nicht eine Umschreibung oder ein Versuch des mathematischen Ausdruckes der Verlaufsgesetze; sie konnte sich bis jetzt nur sehr wenig mit diesen Fragen befassen. Die Haupteigenart liegt im Stattfinden gleichzeitiger Reaktionen, weil die sich superponierenden, in sehr vielen Fällen den Colloidvorgängen folgenden Nebenreaktionen, nicht isoliert gefasst werden konnten, die Reagenzien zum Teil selbst dem Reaktionsverlauf einen bestimmten Charakter aufzwingen mussten, der also nicht auf die Hauptreaktion bezogen werden darf. Denn wenn eine einzige Reaktion bei einer zusammengesetzten Folge-Reaktion (mit oder ohne Inkubation) zeitlich erst schnell, dann langsam verläuft, hat die Gesamtkurve oder die gemessene Endresultante den Charakter einer logarithmischen Kurve, oder wohl besser asymptotisch verlaufenden Kurve. Das System als Ganzes scheint also so zu verlaufen.

Alle uns hier interessierenden Prozesse stammen in ihren wesentlichen Komponenten von lebenden Wesen ab und bringen also col-

Digitized by Google

loidale neben struktur-chemischen Eigenarten mit sich; ihr Zustand und ihre Reaktionsfähigkeit ist eine Funktion des Milieu im weitgehendsten Sinn. Diese Beziehungen vom Milieu und den reagierenden Stoffen brauchen im Einzelfall wenig am „Gleichgewicht" zu ändern, aber sie leiten die Konkurrenz der verschiedenen Prozesse. Sie sind der innere Grund des in jedem Moment vorliegenden quantitativen Verhältnisses, durch ihre Beeinflussung lässt sich der ganze Verlauf verschieben.

## Über die Entwicklung der Immunitäts-Theorien und ihre bestimmenden Faktoren.

Nachdem ich vor mehr als sechs Jahren auf den Colloidalzustand aller bis jetzt bekannten Antikörper hingewiesen und dessen Bedeutung für die Funktion hervorgehoben habe (quantitativen Verlauf der Vorgänge, Einfluss der Fraktionierung, der Zeit, und dass nur colloide Körper Antikörper erzeugen, des elektrischen Zustandes des Milieu) kommen nun alle Tatsachen, speziell auch der neuen Opsoninforschung, Fällungen, Komplements-Eigenschaften, Wirkung beigemischter Colloide etc., als eine geradezu unerwartete Bestätigung.

Keine Tatsache, die mit andern Gesichtspunkten gefunden, widerspricht der Auffassung, dass die Colloidstruktur der Bakterien und Antikörper die Vorgänge in erster Linie beherrschen.

Wenn 1895, ja 1902 so viel bekannt gewesen wäre von den Colloiden, wie heute, würde die Colloidtheorie infolge des eingehenden Parallelismus der vielen identischen Erscheinungen in erster Linie zur theoretischen Zusammenfassung verwendet worden sein; dasselbe gilt wohl auch gerade von der Auffassung von Arrhenius, der selbst hervorhebt, dass die Masse Tatsachen, die die letzten Jahre brachten, den innern Zwang in sich tragen, Parallelen für jene Gesetzmässigkeiten zu suchen.

Die Frage ist nun, ob diese Vorgänge in ihren wichtigsten Abschnitten wesensidentisch und gleichartig beeinflussbar sind, was ja eben für die Biologie doch das Ziel ist.

Speziell kommt es auf die Frage an, was für praktisch leitende Vorstellungen ergeben sich aus den theoretischen Behandlungen. Vielleicht im vorliegenden Falle wesentlicher ausgedrückt: welche Stufen der Folgereaktion gibt uns die theoretische Auffassung am wesentlichsten an. Es ist natürlich, dass die anfänglich einleitenden die durch die Strukturen bedingten Reaktionen sind, die das für uns Biologen Wesentlichste sein müssen; je weiter wir aber von den

Digitized by Google

Strukturen weg zu den Lösungen kommen, den Zonen der sekundären typischen Destrukturierungen, desto weniger wesentlich für den Lebensprozess sind die Vorgänge (diese liegen jenseits des Lebendigen).

Wenn wir auch einen Auflösungsprozess durch chemische Reaktion mit gelösten Körpern begleiten, so wird uns das herrschende Lösungsgesetz durch den Einfluss der Struktur maskiert (d. h. geleitet), wenn es überhaupt erkennbar ist.

Man beobachtet demgemäss Abweichungen von den gewöhnlichen physikalisch-chemischen Gesetzen, Vorgänge, die sich durch diese bis heute nicht erklären lassen, eigenartige Verlaufsrichtungen, sowohl nach Zeit, als nach Konzentrationsverhältnissen, so zum Beispiel bei den Fermenten, den Membranfunktionen. So kam es zu einer Ausweitung der Fragen der Immunitätsforschung auf viele andere biologische Gebiete, speziell Physiologie, Pathologie, Pharmakologie etc.

Analoge und doch charakteristische Ausnahmsfälle traf man überall in der Biologie.

In diesem Forschungsgebiet traten zuerst unabweisbar Tatsachenfolgen auf, die zur Hauptsache die Konsequenz eines bestimmten physikalischen Zustandes einerseits sein mussten, und anderseits Funktionen von Grenzflächen. Damit kam für die medizinische, speziell für die Immunitätsforschung die Notwendigkeit einer neuen Anschauung, und es traf sich, dass die hauptsächlichsten neuen Gesetzmässigkeiten, die sich durch ein Prävalieren der Zeitfunktionen charakterisierten, sich auf dem bis dahin relativ wenig untersuchten Gebiet des Colloidalzustandes wiederfanden.

Die Gesetzmässigkeiten auf beiden Gebieten sind nun so übereinstimmend gleich, dass man nicht mehr bloss von einer Analogie oder einem übertragenen Bild sprechen kann, sondern es handelt sich hier um Vorgangsidentitäten. Die Arbeitstechnik musste auf dem ganzen Colloidgebiet wie auf dem Gebiete der Immunität zuerst geschaffen werden, da es sich nicht mehr um eine weitere Übertragung guterforschter Gesetzmässigkeiten handeln konnte, wie die rein physikalisch-chemische Schule annahm. Es stellte sich nämlich heraus, dass auf beiden Gebieten viel mehr Faktoren ziemlich gleichwertig den Reaktionsverlauf und die Abhängigkeit von der Zeit bedingen als bei den chemisch-physikalisch fast ausschliesslich untersuchten Lösungen, vor allem, dass die Zeitfunktionen eine ganz hervorragende charakteristische Rolle spielen; eine Übertragung der Lösungsgesetze, soweit sie eben Gesetze der Lösungen sind, wie Teilungskoeffizient, Massenwirkungsgesetz und Phasenregel, deren mathematische Gültigkeit für die Lösungen an Gleichgewichten und nur an Gleichgewichten entdeckt, gefasst und bewiesen worden sind,

Digitized by Google

muss in Gebieten, wo wir nie wirklich relative Gleichgewichte haben, wo die Zeit unter allen Umständen eine bestimmte Funktion hat, wie bei den Colloiden, zu im Prinzip falschen, tatsacheverdeckenden, also irreleitenden Analogien führen.

Die prinzipielle Gegensatzstellung unserer physikalischen Theorie, der Colloidtheorie in der Immunitätsforschung (Zangger 1902, Landsteiner 1903, Henri 1904) gegenüber der Übertragung der Lösungsgesetze des reversiblen Gleichgewichtes, des Verteilungssatzes (Arrhenius 1902) und der durch die Fortschritte der konstutitiven Chemie und zum Teil deren stereochemischen theoretischen Erweiterung bedingten bildlichen Analogisierung der Immunitätsvorgänge (Ehrlich 1895) ist nur zu wenig Immunitätsforschern genügend bewusst.

Speziell herrscht gegenwärtig die Tendenz, die physikalisch-chemische Theorie von Arrhenius und die Colloidtheorie, wie ich sie zuerst in meiner Antrittsvorlesung ausgesprochen, zu identifizieren, indem die Lösungsgesetze ohne Beachtung der Zeitfunktion, speziell Phasenregel und Massenwirkungsgesetz unter Begehung eines prinzipiellen Fehlers in die Immunitätsauffassung hineingetragen werden.

Psychologisch ist diese bis heute zu wenig erkannte Verwirrung und Verwechslung der Begriffe wohl erklärlich.

Schon der Gegensatz, der rein chemischen Auffassung: aktive Seitenketten und Atomgruppen, zu den physikalisch-chemischen Anschauungen im allgemeinen, also speziell der Beachtung der Milieuverhältnisse und der Massen kann natürlich nur denjenigen vollbewusst klar werden, die in ihrem Studiengang und experimentellen Tätigkeit Gelegenheit hatten, sich in die in den letzten 30 bis 40 Jahren geschaffenen chemischen Vorstellungen einzuleben und die deren Erweiterung in physikalisch-mathematischer Hinsicht der letzten 20 Jahre haben entstehen sehen.

Viel schwieriger muss nun aus verschiedenen Gründen ein prinzipielles Auseinanderhalten dieser physikalisch-chemischen Theorie, die sich nur auf die Lösungsgesetze und die dafür ausgearbeiteten Methoden stützt, gegenüber der Colloidtheorie sein, zumal diese beiden Theorien gleichzeitig aufgestellt wurden, die eine unter dem allgemein bekannten und gefeierten Namen von Arrhenius und der physikalisch-chemischen Schule, die Colloidtheorie bis heute ausschliesslich von jungen Autoren.[1])

[1]) 1902 Zangger;
1903 Landsteiner, Jagic, V. Henri, Lalou, A. Mayer, Stodel, W. Biltz;
1904 Biltz, Much, Siebert, Nernst, Girard-Mangin, Henri und Cernovadeanu, Malloizel, z. T. Oppenheimer;
1905 W. Pauli, Gengou, Malfitano, Duclaux, z. T. Bechhold, Michaelis;
1906 Porges, Friedemann, Manwaring, z. T. Neisser u. Friedemann, Buxton;
1907 Bürgi, Pribram, Teague und Buxton, Manwaring, Nicolle, Hirschfeld, L.

Digitized by Google

Viel wesentlicher als diese äusseren Momente war der Umstand, dass zu der Zeit, wo ich und bald darauf Landsteiner, Biltz, Henri, Pauli u. a. die Identität der Vorgänge bei den Immunitäts-Reaktionen und den Colloid-Reaktionen aufstellten, die Colloide im allgemeinen sehr wenig bekannt waren. Die wenigsten physikalischen Lehrbücher verloren ein Wort über die Colloide, die Vorstellungen waren die naiven Erfahrungstatsachen des gewöhnlichen Lebens und der Technik, ohne die fassbaren Gesetzmässigkeiten, die erst im Lauf der letzten sechs Jahre durch eine sehr grosse Zahl von Untersuchungen festgelegt wurden; erst später wurde das allgemeine wissenschaftliche Interesse erregt und es erschien eine Reihe von Lehrbüchern.

Unterdessen absorbierte die physikalische Chemie mit den gerade durch eine Reihe von Untersuchungen bestätigten Lösungsgesetzen, Verteilungssatz etc., die auch auf biologischen Gebieten wie Offenbarungen wirkten, das Interesse aller Biologen, so dass sie notgedrungen in einer anfänglichen Überschätzung der Gültigkeitsgebiete auf alle mit Flüssigkeiten ein flüssiges, bewegliches System bildenden Körperarten übertragen wurden.

So scheint auch heute noch in vielen Publikationen die physikalisch-chemische Auffassung der Immunitätsreaktionen, die Colloidtheorie und die chemische Theorie nach den Gleichgewichtsgesetzen irrtümlicherweise als identisch.

Wer aber versucht, die physikalisch-chemischen Methoden der Lösung auf die biologischen Flüssigkeiten anzuwenden, oder auf Colloidgemische und Diffusionssysteme mit Membranen etc., der wird auf eine grosse Reihe von sogenannten „Störungen" treffen, die er bei gewöhnlichen Lösungen nicht findet, wie ich schon 1902 betonte.

Anmerkung. Die Inkonstanz der Resultate bei der Anwendung der sogen. physikalisch-chemischen Methoden und einiger rein physikalischer Methoden sind im allgemeinen sukzessive Veränderungen in der Zeit und erweisen sich bei den verschiedenen Methoden als ganz verschieden wirksam. Veränderungen, die auf die Leitfähigkeit, chemische Reaktionen keinen merklichen Einfluss haben, haben auf die optischen Eigenschaften, auf die Eigenschaften der Grenzflächen, der Viscosität, Absorption unter Umständen grossen Einfluss. Da nun diese sogen. „Störungen" sich als wesentlich und allen dem Leben zukommenden Flüssigkeitssystemen eigentümlich erweisen, so war es eine innere Notwendigkeit, dass diese Eigentümlichkeiten von Biologen auf ihr inneres Wesen untersucht wurden, d. h. deren Stellung zu den physikalischen Gesetzen. Unendlich viele Erfahrungs- und Beobachtungstatsachen liegen in den früheren Versuchen vor, aber keine gut definierten quantitativen Reihen; zu solchen Untersuchungen braucht es gut eingerichtete Institute.

Wir Biologen müssen uns besonders hüten, physikalisch-chemische Gesetze zu verallgemeinern. Wir müssen uns bewusst immer wieder

Digitized by Google

sagen, dass wir in den natürlich aktiven Stoffen, besonders in den Immunkörpern, auf alle Fälle auch strukturchemisch sehr komplexe Verbindungen vor uns haben, dass diese Substanzen aber als Colloide doch etwas ganz besonderes sind; dass diese Substanzen unter allen Bedingungen als Colloid auftreten und dass sie als Colloide nur mit der Flüssigkeit zusammen die sie charakterisierenden Eigenschaften haben.

Anmerkung. Neuberg und v. Weinmann stellten fest, dass fast alle Körper, wenn sie nur unter bedingten Bedingungen entstehen, im Colloidalzustand erhalten werden können. Biochem. Zeitschr. 1907; Zeitschr. für chem. Ind. der Colloide 1908.

Ich habe bei der Colloidtheorie immer vermieden, bestimmte Vorstellungen und Bilder einzuführen, weil kein Bild vorläufig die Colloid-Variationen erschöpfend darstellen kann, und also leicht die Anpassung der Vorstellung an neue Daten eher hemmt als fördert, wie jede zu spezifizierte theoretische Vorstellung.

Hier will ich doch ein Bild anführen, aber nur um zu zeigen, wie unmöglich es ist, anzuerkennen, dass alle in Betracht kommenden Stoffe (selbst die Toxine) Colloide seien und dabei bei den alten Vorstellungen über die Vorgänge zu bleiben, denn die Tatsache, dass etwas colloid ist, verschiebt die Reaktionen alle in ein eigenartiges, bestimmtes Gebiet, denn eine Erkenntnis und Anerkennung des Colloidcharakters ist unter Beibehalten der alten Vorstellungen unmöglich. Was colloid ist, setzt sich aus Teilen zusammen, die periphere und zentrale, differente Abschnitte haben, die unter sich identisch sein können, aber physikalisch unter ganz andern Bedingungen stehen. Centrale und periphere, sonst identische Teile in den Colloidkomplexen verhalten sich also sogar dem Lösungsmittel und den molekular gelösten Stoffen gegenüber verschieden. Es gilt also zum Beispiel das Verteilungsgesetz nicht, ebensowenig die übrigen Begriffe der Reaktionsgeschwindigkeiten.

Wie müssen nun erst die Verhältnisse liegen, wenn auch die zweite Reaktionskomponente im colloidalen Zustand vorliegt?

Schon dieses einfache Zusammenhalten einer Tatsachenreihe beweist, dass die Erkenntnis des Colloidzustandes aller Komponenten die Reaktionsart, vor allem den zeitlichen Verlauf (Kurve) beherrschen muss.

Die Gleichungen der Reaktion brauchen nicht ein Abbild des Wesens der Reaktion zu sein[1]): das Beispiel der bekannten monomolekularen Reaktion des Zerfalles des $AsH_3$ hat sich als Zufall herausgestellt, denn die Reaktion verläuft nicht homogen im System, sie ist nicht nur von der reagierenden Substanz abhängig, sondern zur Hauptsache bedingt durch die Eigenart der Gefässwände, die Verhältnisse an den festen, strukturierten Körpern der Umgebung (Bodenstein und Fink).

[1]) Larmor. The physical aspect of the atomical theory. Mem. Manchester 1908. Duhem. Les théories physiques 1907. Poincaré. Science et Hypothèse 1908.

Digitized by Google

Wenn wir auch alle Zeitgesetze hätten, so müssen wir doch speziell einen Umstand im Auge haben: den typischen Ausgangspunkt, vor allem desjenigen Colloidzustandes, der die normalen Prozesse leitet. Die Natur bietet uns diese bestimmte Art Struktur immer und immer wieder und zwar als konstante Eigentümlichkeit, deren Verschiebung (Pathologie) und Wiederherstellung (Heilung) unser Hauptproblem bildet.

Mit einer Vereinfachung des Problems, wo es nicht einfach liegt, tut man, glaube ich, der Entwicklung keinen Dienst. Wenn man jetzt von Löslichkeitsfragen, Löslichkeitserhöhung spricht unter Umgehung der Struktur-, Colloid- und damit Absorptionsfragen, so gibt man indirekt die Wichtigkeit des Ungelösten und dessen Form zu, aber man schiebt zugleich das wesentlichste Problem auf die Seite; die Ungleichheit der Reaktionen liegt zu einem Hauptteil in dieser Form.

Anmerkung. Ich habe nie gehofft und erwartet, dass die Auffassung der Immunitätsreaktionen als Colloidvorgänge alles erklären werde; ich sagte im Vortrag[1]) über die Funktionen der Membranen in Physiologie und Pathologie, dass das Denken mit den Struktur-Eigentümlichkeiten der nächste Schritt sei, auf dem die Immunitätsforschung dem Wichtigsten näher kommen könne: einmal der Struktur, und dann auch einer gesetzmässigen Fassung der bekannten Tatsachen, die praktisch ausserordentlich viel voraussehen lassen.

Was die synthetischen Versuche, die Wiederholung und Reproduktion derselben Reaktionseigentümlichkeiten, die Trennung der Seren und Synthese aus den Komponenten, der Vergleich der verschiedensten Colloide, der Ersatz der Serumkomponenten durch andere Colloide für die Spezifizitätslehre bringen wird, weiss ich nicht und ist bei der Kompliziertheit der Verhältnisse nicht voraus zu sehen, aber eines müssen wir dankbar anerkennen: die Versuche in den komplexen Verhältnissen mit den Gesichtspunkten der Colloide haben überall dieselben Gesetzmässigkeiten aufgedeckt und vor falschen Fragestellungen bewahrt.

Weit über diesen Erfolg möchte ich aber stellen, dass die Arbeiten mit den komplexen Systemen sehr viele neue Tatsachen eröffnet haben aus dem Colloidgebiet, in dem Gebiet, wo jede unerklärte Tatsachenreihe ein neues Gesetz zu offenbaren verspricht.

Sobald Colloide vorhanden, haben wir auch das Recht nicht mehr, unter irgend welchen Umständen (bei irgend welchen dynamischen, resp. Transportvorgängen) nur mit dem osmotischen Druck zu rechnen; elektrische Phänomene, Kontakt-Phänomene müssen sofort dabei sein und müssen mitberücksichtigt werden, sie hemmen oder begünstigen die Annäherung der Komplexe und damit die sekundären Reaktionen.

Der Colloidzustand bringt weiterhin eine graduelle Abstufbarkeit der Eigenschaften mit sich, die nach mehreren Richtungen möglich ist; von diesen ist bisher die Absorptionswirkung durch Oberflächen und die elektrischen Ladungen, die im animalen Säftemilieu immer vorhanden sind, als die nächstliegenden untersucht worden.

[1]) Naturforscher-Ges. Zürich, 14. Jan. 1907, B. 52.

Digitized by Google

Nachdem die chemische Theorie sich nicht als begründbar erwiesen, da über die Chemie der Immunkörper nichts bekannt ist und sie auch in ihren Konsequenzen nicht zu halten ist, weil die rein chemischen Vorstellungen heute zu starr erscheinen, um sich trotz aller Hilfshypothesen der Vielfältigkeit der Erscheinung anzupassen und Verhältnisse voraussehen zu lassen, wie sie in der letzten Zeit durch die Immunisierungspraxis gefunden wurden, so war es infolgedessen notwendig, nach andern Vorstellungen zu suchen, die eine gedankliche Beherrschung des Gesamttatsachengebietes ermöglichen soll, und die Lücken aufzudecken und Misserfolge zu erklären imstande ist.

Diese Vorstellungen sind gegeben in dem grossen Erscheinungsgebiet der Colloide.

Dass sich auf Grund der Colloidvorstellungen neue Tatsachen im Serumgebiet finden lassen, haben die mit diesen Vorstellungen vorgenommenen Experimente in den letzten Jahren bewiesen.

Es ist eine Tatsache, dass die Reaktionsverläufe und ihre Kurven, resp. Gleichungen in einem relativ grossen Gebiet bestimmten Gesetzen folgen, die typisch sind für die verschiedenartigen Vorgänge, die einem Ausgleich zustreben oder einem Endzustand oder Stillstand oder auch Gleichgewicht. Die Reaktionskurve ist aber überall eine Funktion der Ausgleichstendenzen und des Weges und dessen speziellen Hemmungen; bei gleichartigen Hemmungen gibt die Kurve ein Bild der Konzentration und Affinitäten (und nichts mehr). Treten aber zur Zeit der Reaktion (durch die Reaktion) Verschiebungen in den Hemmungen und in den Widerständen auf durch die Reaktion selbst, so ist die Kurve eben dadurch mitbedingt; dass sich bei biologischen Reaktionen und Colloidreaktionen sekundäre Vorgänge (Lösungen, Fällungen, Verdichtungen, chemische Reaktionen) superponieren, habe ich längst betont (vgl. auch Diss. W. Frei); dass jedoch bei mehreren Unbekannten eine mathematische Behandlung für die biologischen Vorstellungen klärend wirkt, ist fast ausgeschlossen, so interessant, verblüffend es auch ist und beachtenswert, dass viele Vorgänge denselben Gleichungen folgen (Arrhenius). Vergl. Larmor, the physical aspect of the atomical theory. l. c.

Doch müssen wir uns auch vorstellen, was die mathematische Behandlung supponiert und fordert. Wir wissen, dass fast alle Reaktionen hier anfangs schnell, dann langsam verlaufen, eben weil sie einem Ende zugehen. Die Kurve stellt sich also als eine nach oben von der Geraden abweichende Kurve dar. Die Kurven sind nun durchaus nicht identisch, obschon sie alle der Gleichung folgen, denn die Konstante der Gleichung variiert ja eben und die Expo-

Digitized by Google

nenten ebenfalls, also kann eine recht grosse Strecke der Kurven, wenn noch einige Prozent Versuchsfehler mitwirken, in der Gegend über der Geraden asymptotisch verlaufen, ja es könnten eventuell fast alle einfachen Kurven, die so einen Verlauf haben, durch eine solche Gleichung dargestellt werden.

So instruktiv überzeugend für durchsichtige, einfache Systeme die Reaktionsgleichung ist, so kann sie für die Weiterbildung unserer Immunitätsvorstellung (wo die Vorstellungen sicher noch lange nicht alle einzelnen Faktoren umfassen), nicht sehr viel mehr leisten, als ein interessantes Bild des Verlaufes zu sein. Genaue Kurven müssen wir selbstverständlich immer uns konstruieren, weil nur sie das Mittel sind, die neuen interkurrierenden z. T. unbekannten Faktoren zu präzisieren oder zu eliminieren.

Wir wurden gegen alles Streben der Zeit, gegen die eigene Tendenz, struktur-chemische Erklärungen zu finden, gegen eigenen Willen 1902 zu der Auffassung gedrängt, dass physikalische Momente bei den Immunitätsreaktionen die ausschlaggebende Rolle spielen, und dass, wenn auch chemische Vorgänge wie Gruppen-, resp. Ersatzreaktionen vor sich gehen, diese überhaupt erst sekundär erfolgen können und vor allem erst Folgen der physikalischen, den Zeitverlauf entscheidenden Reaktionen sein können, die an sich allein schon meist das biologische Resultat erklären.

Eine Theorie misst ihren Wert an Tatsachen, die nach ihrer Entstehung gefunden wurden und daran, was sie an den unerklärten Erfahrungen klärt und ob sie in neuen Gebieten Wege zu weisen vermag.

Dass die Colloidtheorie der Immunität nicht gleich für jedes Immunitätsphänomen eine identische-synthetische Kombination vorbringen konnte, liegt in dem Stand der Colloidforschung, denn wir dürfen ruhig behaupten, dass erst durch die Anhänger der Colloidtheorie der Immunität mit ein wesentlicher Teil der allgemeinen Colloidmethodik ausgearbeitet wurde, und erst in der letzten Zeit treffen sich die Interessen der verschiedensten Interessenten an der Erkenntnis der Colloide (von der Physiologie, der Histologie bis zur Färberei, Gerberei, photographischen Technik, Kautschuk, Porzellan etc.), so dass die empirischen Tatsachen zu einer Übersicht über das Gebiet zusammengeschlossen werden können; aber an Systematik liegen heute gegenüber der Struktur-Chemie mit ihren 160 000 systematisch miteinander verbundenen, bekannten Körpern nur kleine Richtlinien vor.

Was hat aber schon jetzt im Anfang der Entwicklung die Colloidtheorie für durchgreifende Wirkungen auf die Immunitätslehre und deren Entwicklung gehabt!

Digitized by Google

Die Colloidtheorie hat also vor allem erklärt, warum die Reaktionskomponenten sich verändern und unter was für Einflüssen; sie hat erklärt, was für Bedingungen wesentlich sind, warum die Reaktionen nicht nach multiplen Proportionen verlaufen, warum Fraktionen, ungleichzeitige Mischungen, Änderung der Reihenfolge, das Endresultat verändern, also Zeitfunktionen eine charakteristische Rolle spielen.

Aber ausser den theoretischen Erklärungen der Erfolge hat die Colloidtheorie viele Misserfolge der Praxis verständlicher gemacht, den Verlust der Wirksamkeit der Seren, die Variation der verschiedenen Eigenschaften der Immunkörper, die ganz unabhängig voneinander sich verändern können (Aviditätsfragen, Konservierungsfragen etc.).

Ferner hat die Colloidtheorie sicher mit die Wirkung gehabt, dass die Praktiker sich freier ihre experimentellen Pläne schufen, als zur Zeit der ausschliesslichen Herrschaft der rein chemischen Theorien und dass sie Colloide mit in Verwendung ziehen.

Wir müssen als Gegenstück dazu betonen, dass gerade die Immunitätsforschung durch die komplexen Vorgänge, die aber die Natur uns relativ konstant bietet, viel Anregung und erst manche der komplizierten Problemstellungen für die Colloiduntersuchungen gebracht.

Sobald man nun mit genauen quantitativen Methoden an die Experimente heranging und sich zugleich bewusst wurde, dass bei allen Vorgängen, wo Colloide eine entscheidende Rolle spielen, viele Momente, die wir bei chemischen Arbeiten nicht zu beachten gewohnt sind, resp. wenn wir nur chemisch denken, den Reaktionsmechanismus sehr wesentlich beeinflussen, wurde notgedrungen die Anlage der Experimente auf breite Basis gestellt.

Diese befreiende Wirkung der Colloidtheorie spürt man überall; die Experimente werden so angelegt, dass sich Colloidfunktionen verraten, resp. nachweisen lassen, während ohne diese breite Anlage des Experimentes mit nur rein chemischen Gesichtspunkten nur eben ein Ausschnitt aus der Wirklichkeit sich zeigt.

Digitized by Google

# Leonhard Euler.

Vortrag, gehalten im Rathaus in Zürich am 6. Dezember 1883[1])

von

Ferdinand Rudio.

---

Hochgeehrte Versammlung!

Vor wenigen Wochen waren es gerade hundert Jahre, dass den mathematischen Wissenschaften einer ihrer hervorragendsten Vertreter entrissen wurde, ein Mann, dessen Name noch heute von keinem Mathematiker ohne das Gefühl der grössten Bewunderung genannt wird: Leonhard Euler aus Basel. Unter solchen Umständen und insbesondere an dieser Stelle bedarf es wohl keiner weiteren Rechtfertigung, wenn ich es unternehme, Ihnen in grossen Zügen ein Bild von dem Leben und Wirken dieses ausgezeichneten Mathematikers zu entwerfen.

Der menschliche Geist, hochgeehrte Anwesende, offenbart sich in den mannigfaltigsten Gestaltungen und Formen, aber trotz dieser Mannigfaltigkeit ist es doch immer nur wenigen gegeben, sich wesentlich von ihren Mitmenschen zu unterscheiden, noch wenigeren, bleibende Spuren ihres Daseins zu hinterlassen. Wenn wir daher einen Mann, ausgezeichnet durch hervorragende Verstandeskräfte oder durch eine ungewöhnliche künstlerische Begabung, zum Wohle und zur Freude seiner Mitmenschen wirken sehen, da werden wir ihm — auch wenn

[1]) Dieser Vortrag, der zuerst in der bekannten Sammlung von Benno Schwabe erschienen war, ist seit vielen Jahren vergriffen. Obwohl die Nachfrage nicht aufgehört hat, so hätte ich mich doch nie dazu entschlossen, ihn nochmals abdrucken zu lassen, wenn nicht gerade jetzt, wo wir im Begriffe sind, eine Sammlung von freiwilligen Beiträgen zur Herausgabe von Eulers Werken zu veranstalten, der bestimmte Wunsch ausgesprochen worden wäre, es möchte der Aufruf von einer kurzen, für weitere Kreise berechneten Biographie Eulers begleitet sein. So möge denn der Vortrag, den ich vor mehr als einem Vierteljahrhundert gehalten habe, nochmals hinausziehen. Und wenn es ihm gelingt, mit dazu beizutragen, dass nun endlich Eulers Werke in einer des grossen Mathematikers würdigen Ausgabe auferstehen, dann ist der Abdruck ja wohl nicht ungerechtfertigt. Und es wird dann zugleich ein Wunsch erfüllt, den ich damals zwar schon angedeutet hatte (siehe S. 462), von dem ich aber zu jener Zeit nicht zu hoffen wagte, dass ich seine Verwirklichung vielleicht doch noch erleben dürfte.

Digitized by Google

wir nicht auf allen seinen Wegen ihm zu folgen imstande sind — schon von dem rein menschlichen Gesichtspunkte aus unsere Teilnahme entgegenbringen, weil wir in ihm einen Grad menschlicher Vollkommenheit verkörpert finden, der wir selbst — wenn auch oft genug vergebens — zustreben.

In welchem Masse muss dann aber unser Interesse geweckt werden, wenn es sich um einen Mann handelt, dessen gewaltiger Genius das Alltägliche so weit hinter sich zurückliess, dass er einer ganzen, grossen Wissenschaft auf ein volles Jahrhundert und noch weiter hinaus den Stempel seines Geistes aufgedrückt hat.

Ein solcher Mann war Leonhard Euler.

Man hat in diesen Tagen in der Geburtsstadt Eulers eine akademische Feier zu seinem Gedächtnis veranstaltet. Man hat durch diese Feier Zeugnis ablegen wollen, dass wir noch voll und ganz des grossen Vermächtnisses uns bewusst sind, welches Leonhard Euler uns hinterlassen hat. So möge auch der heutige Abend als eine Gedächtnisfeier angesehen werden, die wir in dankbarer Anerkennung und Bewunderung den Manen eines Forschers weihen, den Sie als eine der grössten Zierden Ihres schweizerischen Vaterlandes betrachten dürfen.

Leonhard Euler[1]) wurde geboren am 15. April 1707 zu Basel. Sein Vater, Paul Euler, war Prediger bei St. Jakob, seine Mutter, Margarethe, stammte aus dem Geschlechte der Brucker. Die ersten Jugendjahre verlebte Euler nicht in Basel selbst, sondern in dem benachbarten Dorfe Riehen, wohin sein Vater bereits im Jahre 1708 als Prediger berufen worden war. Die einfachen ländlichen Verhältnisse, unter denen Leonhard Euler aufwuchs, mögen wohl vorzugsweise in ihm jenen schlichten, bescheidenen Sinn erzeugt haben, sowie die Unbefangenheit seiner Anschauungen, die er sich bis zu seinem hohen Alter zu bewahren wusste. Man erzählt sich aus seinem vierten Lebensjahre eine ergötzliche Anekdote. Bei seinem Leben auf dem Lande hatte der junge Leonhard natürlich vielfach Gelegenheit zu beobachten, wie die Hühner die Eier ausbrüten und so ihre Jungen zur Welt befördern. Dieser Naturprozess musste auf das jugendliche Gemüt des zukünftigen grossen Akademikers einen nachhaltigen Eindruck gemacht haben; denn als man ihn eines Tages vermisste und längere Zeit vergeblich suchte, fand man ihn endlich in dem Hühnerstalle, über einem grossen Haufen Eier sitzend, die er sich gesammelt hatte, und auf die verwunderte Frage, was er denn

[1]) Für den biographischen Teil des Vortrags benutzte ich die Gedächtnisreden von Condorcet und Fuss, die von Fuss herausgegebene Correspondance mathématique, sowie die Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz von Prof. R. Wolf.



Digitized by Google

da mache, antwortete er mit kindlichem Ernste, er wolle Hühner ausbrüten.

Den ersten Unterricht erhielt Leonhard von seinem Vater, der ihn bis zum Eintritt in die höheren Schulen Basels vorbereitete. Da ist es nun bemerkenswert, dass Paul Euler sich in seiner Jugend selbst mit Vorliebe mathematischen Studien gewidmet und für einen talentvollen Schüler des grossen Basler Mathematikers Jakob Bernoulli gegolten hatte. Kein Wunder also, wenn die mathematische Seite des väterlichen Unterrichtes sich einer besonderen Pflege zu erfreuen hatte; nicht etwa, als hätte Paul Euler aus seinem Sohne einen Mathematiker machen wollen, durchaus nicht, er hielt es für ganz selbstverständlich, dass Leonhard dereinst ebenfalls Prediger und womöglich sein Nachfolger in Riehen werden würde. Die mathematischen Studien schätzte er wesentlich als eine zweckmässige Geistesübung und weil er in ihnen eine gediegene Grundlage jeder wissenschaftlichen Ausbildung erblickte.

Leonhard Euler war eine zu vielseitig angelegte Natur, um sich nicht mit einer gewissen Leichtigkeit in den Wunsch seines Vaters fügen zu können. Als er daher später die Universität Basel bezog, liess er sich wirklich in die theologische Fakultät einschreiben und widmete sich mit allem Eifer dem Studium der orientalischen Sprachen. Aber Euler besass eine so glückliche Fassungsgabe und ein so unglaubliches Gedächtnis, dass es ihm sehr wohl möglich war, neben diesen theologischen Studien sich noch den tiefsten mathematischen Spekulationen zu widmen und insbesondere die Vorlesungen von Johann Bernoulli, dem Bruder Jakob Bernoullis, zu besuchen, und zwar wusste er die Aufmerksamkeit seines Lehrers bald in so hohem Grade zu erregen, dass der damals berühmteste europäische Mathematiker es nicht verschmähte, den kaum sechszehnjährigen Jüngling seines intimeren persönlichen Verkehrs zu würdigen.

Glücklicherweise gelang es um diese Zeit Leonhard, von seinem Vater endlich die Erlaubnis auszuwirken, sich ganz seinem Lieblingsstudium, der Mathematik, widmen zu dürfen. Man hatte eben Paul Euler begreiflich machen können, dass sein Sohn nicht dazu geboren sei, um als bescheidener Landprediger ein beschauliches Leben zu führen, sondern dass er berufen sei, um dereinst als würdiger Nachfolger der grossen Bernoullis die Führung in den mathematischen Wissenschaften zu übernehmen.

Nachdem Euler sich die üblichen akademischen Würden erworben hatte, bewarb er sich bereits in seinem neunzehnten Jahre um einen Preis, den die Pariser Akademie für die beste Arbeit über die Bemastung der Schiffe ausgesetzt hatte. Er erhielt zwar nur den

Digitized by Google

zweiten Preis, aber der junge Mathematiker, der niemals aus Basel herausgekommen war, also niemals ein grösseres Schiff gesehen hatte, hatte die Genugtuung, nur von einem seit vielen Jahren in theoretischer und praktischer Hinsicht als Autorität geltenden Schiffstechniker besiegt worden zu sein.

Um dieselbe Zeit, im Frühjahre 1727, bewarb sich Euler um die erledigte Professur der Physik in Basel. Damals bestand an der Basler Universität die eigentümliche Einrichtung, dass unter den zugelassenen Bewerbern das Los zu entscheiden hatte. Das Los entschied zu Eulers Ungunsten und damit zugleich über seine gesamten äussern Lebensverhältnisse.

Zwei Jahre zuvor nämlich waren die beiden Brüder Daniel und Nikolaus Bernoulli, Söhne von Johann Bernoulli und Freunde von Euler, an die von Katharina der Ersten damals gegründete Petersburger Akademie berufen worden. Bei ihrer Abreise von Basel hatten sie ihrem jungen Freunde versprochen, ihm, wenn irgend möglich, ebenfalls eine Anstellung an der Petersburger Akademie zu verschaffen. Nunmehr erhielt Euler die Nachricht, dass sich eine passende Stelle für ihn gefunden hätte, insofern er sich nämlich entschliessen könnte, statt der Mathematik Physiologie vorzutragen. „Kommen Sie so bald als möglich nach Petersburg und zeigen Sie der Akademie, dass, wie viel Gutes ich auch von Ihnen erzählt, ich noch lange nicht genug gesagt habe, denn ich behaupte, dass ich durch Ihre Berufung unserer Akademie einen weit grösseren Dienst erweise als Ihnen selbst.“ So schrieb Daniel Bernoulli an den damals neunzehnjährigen Euler.

Der Gedanke, an einer so grossen Akademie eine Anstellung zu finden, war für Euler, der auch auf dem Gebiete der Naturwissenschaften beachtenswerte Kenntnisse besass und bereits eine Theorie des Schalles geschrieben hatte, ein zu verlockender, um sich durch die erwähnte Bedingung abschrecken zu lassen. Nachdem er sich mit grösstem Eifer und Erfolge in die Anatomie und Physiologie eingearbeitet hatte, verliess er noch im Jahre 1727, also erst 20 Jahre alt, sein Vaterland, welches er nie wieder betreten sollte.

In Petersburg angekommen, wurde er sofort zum Adjunkten der mathematischen Klasse der Akademie ernannt. Der Physiologie wurde merkwürdigerweise gar nicht mehr gedacht. Sechs Jahre lang hatte Euler das Glück, an der Seite seines Freundes Daniel Bernoulli zu wirken. Der rege Wetteifer, der sich zwischen den beiden grossen Mathematikern entspann und der bis zu dem im Jahre 1782 erfolgten Tode Daniel Bernoullis fortdauerte, war für die Wissenschaft von hoher Bedeutung. Dabei möge noch besonders hervorgehoben werden,

Digitized by Google

dass das freundschaftliche Verhältnis der Beiden niemals durch Eifersucht gestört worden ist, ein Umstand, welcher der Lektüre ihres umfangreichen, von Fuss herausgegebenen Briefwechsels einen besondern Reiz verleiht.

Im Jahre 1733 kehrte Daniel Bernoulli nach Basel zurück, da er das Petersburger Klima nicht vertragen konnte, dem bereits einige Jahre zuvor sein Bruder Nikolaus zum Opfer gefallen war. Obgleich Euler damals erst 26 Jahre alt war, so war seine wissenschaftliche Bedeutung doch bereits so allgemein anerkannt, dass man keinen Augenblick Bedenken trug, ihn zum Nachfolger Daniel Bernoullis zu ernennen.

Mit welch erstaunlicher Leichtigkeit Euler selbst die schwierigsten Probleme zu lösen verstand, davon gab er im Jahre 1735 einen wahrhaft überraschenden Beweis, der leider nur zu verhängnisvoll für ihn ausfallen sollte. Die Akademie war mit einer astronomischen Berechnung beauftragt worden, die in möglichst kurzer Zeit ausgeführt werden musste. Die übrigen Mathematiker der Akademie verlangten für diese Arbeit mehrere Monate Zeit. Euler löste sie in drei Tagen. Aber welches Opfer hatte er der Wissenschaft gebracht! Die, man möchte fast sagen übermenschliche Anstrengung, der sich Euler während dieser drei Tage hingegeben hatte, zog ihm eine gefährliche Krankheit zu, die mit dem gänzlichen Verluste seines rechten Auges endigte. Für jeden andern wäre der Verlust eines so kostbaren Organs ein mächtiger Beweggrund gewesen, sich zu schonen, Eulers Arbeitsamkeit wurde durch das ihm zugestossene Unglück eher vermehrt als vermindert.

Inzwischen hatten sich die politischen Verhältnisse Russlands für jeden denkenden Menschen, und ich darf wohl hinzufügen, besonders für einen Schweizer, bis zur Unerträglichkeit gestaltet. Die Günstlingswirtschaft, die sich unter den teils unfähigen, teils despotischen Nachfolgern Peters des Grossen breit machte, ist Ihnen zu bekannt, als dass ich nötig hätte, auf diese unglücklichen Verhältnisse näher einzutreten, die in dem Satze ihren Ausdruck fanden: „Die russische Verfassung ist despotisch, aber durch den Meuchelmord gemildert."

Man kann sich daher denken, mit welcher Freude Euler das glänzende Anerbieten entgegennahm, welches ihm Friedrich der Grosse im Jahre 1741 machte.

Es ist bekannt, dass Friedrich der Erste, der Grossvater Friedrichs des Grossen, im Jahre 1700 die Berliner Akademie der Wissenschaften ins Leben gerufen hatte, deren erster Präsident Leibnitz war. Unter seinem Nachfolger, Friedrich Wilhelm dem Ersten,

Digitized by Google

dessen bekannte Vorliebe für die Soldaten ein richtiges Verständnis für wissenschaftliche Bestrebungen nicht aufkommen liess, war die Akademie gänzlich zerfallen. Als nun Friedrich der Grosse im Jahre 1740 den preussischen Thron bestieg, war er von der Absicht beseelt, seinem Lande nicht nur in politischer, sondern auch in sozialer und wissenschaftlicher Hinsicht eine Achtung gebietende Stellung anzuweisen.

Zu diesem Zwecke suchte er zunächst der Berliner Akademie durch Berufung der hervorragendsten europäischen Gelehrten neues Leben zu verleihen.

Es muss Sie gewiss mit Stolz erfüllen, hochgeehrte Anwesende, zu erfahren, dass unter allen damals lebenden Mathematikern der 34 jährige Basler Leonhard Euler als der würdigste erschien, um die glänzende Reihe der Namen zu eröffnen, die seitdem dieses berühmte Institut geziert haben. Euler kam im Jahre 1741 nach Berlin, wo er sofort zum Direktor der mathematischen Klasse der Akademie ernannt wurde. Fünfundzwanzig Jahre lang, bis zum Jahre 1766, blieb er in dieser Stellung, neben Voltaire unstreitig der bedeutendste Vertreter des auserwählten Kreises, der sich damals um Friedrich den Grossen scharte.

Unter welchem Drucke Euler in der letzten Zeit in Petersburg gelebt haben musste, davon gibt uns die folgende Anekdote eine Vorstellung. Die Königin Mutter wunderte sich einst über die auffallende Schweigsamkeit Eulers, zu der er um so weniger Veranlassung hatte, als sie ihm stets mit der grössten Liebenswürdigkeit entgegengekommen war. Euler ermangelte nicht, die nötige Erklärung zu geben. „Ich komme", antwortete er, „aus einem Lande, wo man gehängt wird, wenn man spricht."

Ich bin, hochgeehrte Anwesende, bei einem Lebensabschnitte Eulers angekommen, wo es vielleicht passend erscheinen wird, einen Blick auf die wissenschaftlichen Arbeiten dieses wunderbaren Mannes zu werfen.

Da werden Sie nun nicht von mir verlangen können, dass ich im Detail von den Fortschritten berichte, die sich an den Namen Leonhard Euler knüpfen. Dies verbietet die Natur des Gegenstandes, dies verbietet aber auch die ungeheure Produktivität Eulers, die vielleicht in der Geschichte aller Wissenschaften ohne Beispiel dasteht.

Wenn ich nur die Überschriften seiner Arbeiten rasch herunterlesen wollte, so würde ich dazu mehr Zeit brauchen, als Sie mir wohl widmen möchten, denn allein das Verzeichnis seiner Arbeiten füllt mehr als 60 Druckseiten. Dieses Verzeichnis weist über 800 wissenschaftliche Publikationen auf und unter diesen sind viele, welche

Digitized by Google

dicke Bände ausfüllen. Wollte man eine Gesamtausgabe seiner Werke veranstalten, welche wir leider nicht besitzen und vielleicht auch nie besitzen werden, so würde dieselbe 40 stattliche Quartbände umfassen. Euler hat sich, als er später nach Petersburg zurückgekehrt war, mehrmals anheischig gemacht, so viele mathematische Arbeiten zu schreiben, dass dieselben noch 20 Jahre lang nach seinem Tode für die Memoiren der Akademie ausreichen sollten. Und er hat mehr gehalten, als er versprochen hatte. Denn seine Arbeiten haben bis zum Jahre 1823, also 40 Jahre lang nach seinem Tode, die Memoiren der Petersburger Akademie geschmückt, die dann noch im Archiv zurückgebliebenen Abhandlungen wurden 1830 veröffentlicht, und als man im Jahre 1843, also 60 Jahre nach Eulers Tode, bei Gelegenheit einer Zusammenstellung seiner Arbeiten geglaubt hatte, nun endlich das Riesenvermächtnis bewältigt zu haben, da fanden sich plötzlich noch über 50 ungedruckte Abhandlungen vor, die man trotzdem übersehen hatte.

Sie erstaunen, hochgeehrte Anwesende, bereits bei dieser trockenen Aufzählung, wie würden Sie erst erstaunen, wenn es mir möglich wäre, Sie auch mit dem Inhalte der Eulerschen Schriften bekannt zu machen. Aber Sie werden von mir mit Recht verlangen, dass ich Ihnen wenigstens eine allgemeine Vorstellung von dem Gebiete verschaffe, auf dem Euler so Grosses geleistet hat. Ich glaube dies am besten dadurch zu erreichen, dass ich einige einleitende Betrachtungen über das Verhältnis der Mathematik zu den Naturwissenschaften vorausschicke.

Die Aufgabe der Naturwissenschaften besteht darin, die in der Welt der Erscheinungen bestehende Gesetzmässigkeit aufzufinden d. h. die Abhängigkeit der einzelnen Erscheinungen von einander zu ergründen. Ob dieser Zusammenhang ein logisch notwendiger d. h. nicht anders denkbarer ist, das ist eine müssige Frage. Uns genügt und muss genügen die allerdings nur empirische Gewissheit, mit der aus dem Eintreten der einen Erscheinung auf das Eintreten der anderen Erscheinung geschlossen werden kann.

In den modernen Naturwissenschaften ist man nun bestrebt, alle Erscheinungen als Bewegungserscheinungen aufzufassen: das Wesen des Schalles besteht in den Schwingungen des tönenden Körpers und der Schall wird uns vermittelt durch die Schwingungen der uns umgebenden Luft; das Wesen des Lichtes besteht nach der von Huygens und Euler begründeten, von Fresnel und Thomas Joung ausgebildeten Undulationstheorie in den Schwingungen jenes äusserst feinen, unwägbaren Stoffes, den man Äther nennt und der alle Körper durchdringt; das Wesen der Wärme besteht nach den Anschauungen der

Digitized by Google

mechanischen Wärmetheorie in einer mehr oder weniger intensiven Bewegung der kleinsten Teile des erwärmten Körpers. Ich erwähne diese Beispiele absichtlich, weil mit allen, wie wir noch sehen werden, der Name Euler verknüpft ist.

Die Gesetze, denen die Bewegungserscheinungen unterworfen sind, werden nun in letzter Instanz durch Zahlen ausgedrückt. Ich darf Sie bei dieser Gelegenheit wohl darauf aufmerksam machen, ein wie richtiges Gefühl bereits vor mehr als 2000 Jahren die Pythagoräer entwickelt hatten, indem sie als das Urprinzip alles Seienden die Zahl hinstellten. Unser moderner Standpunkt unterscheidet sich von dem der Pythagoräer nur insofern, als wir an einer Reihe von Naturerscheinungen diesen Gedanken wirklich durchgeführt und gezeigt haben, dass in der Tat das Wesen derselben sich in letzter Instanz durch Zahlenverhältnisse ausdrücken lässt.

Gestatten Sie, dass ich von diesen Beipielen einige herausgreife, um an ihnen diejenigen Begriffe zu entwickeln, die man besitzen muss, um wenigstens von dem Gebiete der Eulerschen Tätigkeit sich eine Vorstellung bilden zu können.

Nehmen Sie zunächst an, Sie befänden sich auf einem hohen Turme und liessen einen Stein herunterfallen. Die Gesetze, nach denen die Bewegung des herabfallenden Steines erfolgt, sind zuerst von Galiläi aufgestellt worden und lassen sich folgendermassen zusammenfassen. Beobachten Sie die Zeit, die der Stein braucht, um eine bestimmte Strecke zu durchfallen, so wird, wie oft Sie auch das Experiment wiederholen mögen, der Stein in derselben Zeit stets denselben Weg zurücklegen; in einer zweimal so grossen Fallzeit wird er einen 2 mal 2 oder 4 mal so grossen Weg zurücklegen, in einer 3 mal so grossen Fallzeit einen 3 mal 3 oder 9 mal so grossen Weg, in einer 10 mal so grossen Fallzeit einen 10 mal 10 oder 100 mal so grossen Weg usf. Wenn Sie daher durch Beobachtung festgestellt haben, dass in einer Sekunde der Stein 5 Meter zurücklegt, so sind Sie jetzt imstande zu berechnen, welchen Weg der Stein in einer beliebigen Zeit zurücklegt, z. B. wird er in 4 Sekunden einen 4 mal 4 d. h. 16 mal grösseren Weg zurücklegen als in einer Sekunde d. h. er wird 16 mal 5 Meter oder 80 Meter in 4 Sekunden zurücklegen. Dabei müssen natürlich die Sekunden von dem Momente an gezählt werden, in dem Sie den Stein loslassen.

Sie sehen also, dass zu jeder Fallzeit der zugehörige Weg mathematisch berechnet werden kann. Man sagt, der zurückgelegte Weg sei abhängig von der Fallzeit oder er sei eine Funktion der Zeit, und weil 2 mal 2 das Quadrat von 2, 3 mal 3 das Quadrat von 3, 10

Digitized by Google

mal 10 das Quadrat von 10 genannt wird, so sagt man, der Weg wachse in demselben Verhältnis wie die Quadrate der Zeiten.

Gehen wir zu einem zweiten Beispiele über, zu den Keplerschen Gesetzen. Kepler hat gefunden, dass die Erde sich um die Sonne in einer Ellipse bewegt, deren einer Brennpunkt die Sonne ist, oder etwas populärer ausgedrückt, dass die Erde sich um die Sonne in einer kreisähnlichen Linie bewegt und dass die Sonne nahezu im Mittelpunkte dieses Kreises sich befindet. Denken Sie sich nun von der Sonne aus einen Verbindungsstrahl nach der Erde gezogen. Wir wollen diesen Verbindungsstrahl einen Radius Vektor nennen. Wenn sich dann die Erde um die Sonne bewegt, so wird sich dieser Radius Vektor um die Sonne drehen und wird in einer bestimmten Zeit einen Teil der kreisähnlichen Fläche durchstreichen. Man nennt einen solchen Teil einen Sektor und nun sagt das zweite Keplersche Gesetz, dass die Erde sich um die Sonne so bewege, dass in gleichen Zeiten gleich grosse Sektoren von jenem Radius Vektor durchstrichen werden. Wenn Sie daher durch Beobachtung gefunden haben, wie gross der Sektor ist, der z. B. in einer Stunde von jenem Radius Vektor durchstrichen wird, so wird in 2 Stunden ein 2 mal so grosser Sektor durchstrichen werden, in 3 Stunden ein 3 mal so grosser, in 10 Stunden ein 10 mal so grosser usf. Wir sagen, der durchstrichene Sektor sei abhängig von der Zeit oder er sei eine Funktion der Zeit, und zwar sagen wir, der Sektor wachse in demselben Verhältnis wie die Zeit.

Gehen wir zu einem dritten Beispiele über. Stellen Sie sich einen leuchtenden Punkt vor und in irgend einer Entfernung von demselben einen Bogen weissen Papieres. Der Bogen wird dann durch den leuchtenden Punkt eine gewisse Helligkeit erhalten. Diese wird um so grösser, je näher sich der Bogen dem leuchtenden Punkte befindet, und um so kleiner, je weiter er sich von demselben entfernt. Beachten Sie nun die Helligkeit, die der Bogen in einer bestimmten Entfernung besitzt, in einer 2 mal so grossen Entfernung wird dann die Helligkeit eine 2 mal 2 oder 4 mal kleinere geworden sein, in einer 3 mal so grossen Entfernung eine 3 mal 3 oder 9 mal kleinere, in einer 10 mal so grossen Enfernung eine 10 mal 10 oder 100 mal kleinere usf. Man sagt, die Helligkeit sei abhängig von der Entfernung oder sie sei eine Funktion der Entfernung, speziell sagt man, die Helligkeit nehme in demselben Verhältnis ab, in welchem die Quadrate der Entfernungen zunehmen.

Nach diesen Beispielen werden Sie nun verstehen, was es heisst, es sei das Bestreben der Naturwissenschaften, die Abhängigkeit der einzelnen Erscheinungen von einander durch mathematische Funktionen

Digitized by Google

auszudrücken, insofern wir unter einer Funktion die durch Zahlen ausgedrückte Abhängigkeit zweier Grössen von einander verstehen. Da die Naturerscheinungen in der mannigfaltigsten Art von einander abhängen, so wird es auch unzählig viele mathematische Funktionen geben, nur müssen Sie nicht glauben, dass diese Abhängigkeiten und also auch die entsprechenden Funktionen immer so einfacher Natur seien wie bei den besprochenen Beispielen. Es kommen da höchst verwickelte Fälle vor. Wir werden nun die Mathematik als diejenige Sprache bezeichnen, in welcher die Naturvorgänge auf die einfachste und zugleich auf die vollständigste Weise beschrieben werden können. So wäre es z. B. nicht möglich, die Bewegung der Erde um die Sonne auf eine einfachere und vollständigere Weise zu beschreiben, als dies durch die Keplerschen Gesetze geschieht.

Wir sind nun bereits mitten auf dem Gebiete der Eulerschen Tätigkeit angelangt. Denn es ist gerade ein Hauptverdienst Eulers, dass er die unzählig vielen Funktionen, die ihm entweder direkt durch die Natur dargeboten wurden, oder die sein Scharfsinn erst ersinnen musste, zum erstenmale einer umfassenden Untersuchung unterwarf, dass er ihre Eigenschaften ergründete und die Quelle angab, aus der diese Eigenschaften fliessen, dass er sie nach gemeinschaftlichen Gesichtspunkten ordnete oder auch Funktionen, die man als von einander verschieden angesehen hatte, wie z. B. die sogenannten Kreisfunktionen und die Exponentialfunktionen, auf einander zurückführte. Er hat diesen Untersuchungen insbesondere zwei Hauptwerke gewidmet, seine Einleitung in die Analysis des Unendlichen und seine Anleitung zur Differential- und Integralrechnung. Diese Werke sind noch heute, nach mehr als 100 Jahren, die lesenswertesten Lehrbücher der höheren Analysis, denn so viele Werke auch seit jener Zeit über diesen Gegenstand geschrieben worden sind, sie sind doch fast alle mehr oder weniger Variationen des von Euler behandelten Themas.

Aber ich darf die Besprechung der mathematischen Tätigkeit Eulers nicht verlassen, ohne noch eines wesentlichen Umstandes zu gedenken. Ich habe gesagt, die Mathematik sei die Sprache, in der die Naturerscheinungen auf die einfachste und vollständigste Weise beschrieben werden können. Sie werden daher verstehen, wie wichtig es ist, die mathematischen Gedanken selbst in einer möglichst knappen und anschaulichen Weise zum Ausdruck zu bringen. In dieser Richtung hat Euler epochemachend gewirkt. Wir können getrost sagen, dass die ganze Form des modernen mathematischen Denkens von Euler geschaffen worden ist. Man nehme einen Schriftsteller unmittelbar vor Euler, man hat die grösste Mühe, nur der Ausdrucksweise

Digitized by Google

des Autors zu folgen, weil derselbe es noch nicht verstanden hat, die Formeln durch sich selbst sprechen zu lassen. Diese Kunst hat erst Euler gelehrt.

Aber Euler war nicht nur ein grosser Mathematiker, er war auch ein grosser Physiker und Astronom. Der Theorie der Bewegung der Himmelskörper hat er mehrere grössere Werke gewidmet, er war der erste, der eine analytische Mechanik geschrieben hat, er war in seinem Jahrhundert vielleicht der einzige, der bereits eine richtige Vorstellung von dem Wesen der Wärme hatte, indem er lehrte, dass es keinen besonderen Wärmestoff gebe, sondern dass das Wesen der Wärme in der Bewegung der kleinsten Teile des erwärmten Körpers bestehe. Er hat ferner selbst der Autorität eines Newton gegenüber an der schon von Huygens ausgesprochenen Ansicht festgehalten, nach der das Wesen des Lichtes nicht in einem besonderen Lichtstoff, sondern in der schwingenden Bewegung des das Weltall erfüllenden Äthers besteht.

Es sei gestattet, noch ein spezielles Verdienst herauszugreifen, welches sich Euler auf dem Gebiete der Optik erworben hat. Sie alle haben schon die Erfahrung gemacht, dass, wenn Sie durch ein geschliffenes Glas, etwa durch ein Glasprisma oder durch eine Glaslinse hindurchschauen, die Gegenstände nicht nur in veränderter Gestalt, sondern auch mit farbigen Rändern versehen erscheinen. Diese farbigen Ränder sind durch die verschiedene Brechbarkeit der einzelnen Farben bedingt, aus denen sich das farblose Licht zusammensetzt. Bei dem Gebrauche optischer Instrumente sind aber solche farbigen Ränder in hohem Grade störend, wovon Sie sich zu jeder Zeit überzeugen können, indem Sie etwa ein schlechtes Opernglas in die Hand nehmen. Euler machte nun die Entdeckung, dass bei dem menschlichen Auge, welches doch auch ein optisches Instrument ist, jene farbigen Störungen dadurch wegfallen, dass das Licht im Innern des Auges mehrere Stoffe verschiedener Brechbarkeit durchläuft, so dass sich die verschiedenen farbigen Störungen gegenseitig aufheben. Durch diese Bemerkung veranlasst, berechnete er nun auf mathematischem Wege diejenigen Linsenkombinationen, welche man anzuwenden hätte, um achromatische d. h. von jenen farbigen Störungen freie Instrumente zu erhalten. Als Euler diese Berechnungen veröffentlichte, wurde er von allen Seiten auf das heftigste angegriffen, insbesondere aber von dem englischen Physiker Dolland, der sich auf Newtons Erklärung von der Unmöglichkeit achromatischer Instrumente berief. Aber Euler war von der Richtigkeit seiner Rechnungen so sehr überzeugt, dass er nicht nachliess, bis sein Gegner Dolland selbst, im Jahre 1758, durch Kombination von Flint- und Crownglas das erste

Digitized by Google

achromatische Fernrohr konstruierte und somit die Berechnungen Eulers auf das Glänzendste bestätigte. In den Lehrbüchern der Physik wird allgemein Dolland als der Urheber dieser für die optischen Instrumente epochemachenden Erfindung bezeichnet, es wäre aber nur ein Akt der Gerechtigkeit, wenn man neben Dolland auch Euler nennen würde, denn dieser ist in der Tat der intellektuelle Urheber dieser wichtigen Erfindung.

Obgleich Euler auf rein mathematischem Gebiete unstreitig die bedeutendste Erscheinung des letzten Jahrhunderts — und vielleicht aller Jahrhunderte — gewesen ist, so hat er doch noch Zeit und Musse gefunden, sich auch mit einer Reihe rein praktischer Fragen in der eingehendsten Weise zu beschäftigen. Ich erwähne hier nur, dass man ihm eine umfassende Bearbeitung der Artilleriewissenschaften verdankt, in welcher er eine vollständige Theorie der Bewegung geworfener Körper entwickelt hat, und dass er ferner die Schiffsbaukunst durch eine Reihe wertvoller Werke bereichert hat, indem er die Theorie der schwimmenden Körper ausbildete und diejenigen Formen berechnete, welche die Schiffe haben müssen, um bei einer möglichst grossen Stabilität eine möglichst grosse Beweglichkeit zu besitzen. Diese Werke erregten damals das grösste Aufsehen und wurden in fast sämtliche europäische Sprachen übersetzt.

Ich komme bei dieser kurzen Besprechung der Eulerschen Verdienste schliesslich noch zu einem Gebiete, welches für Sie vielleicht von besonderem Interesse sein dürfte, ich meine seine populären Arbeiten.

Unter diesen will ich aber nur ein Werk herausgreifen, die Briefe Eulers an eine deutsche Prinzessin. Diese Briefe sind an eine Nichte Friedrichs des Grossen gerichtet und bilden die Fortsetzung des Unterrichtes, welchen dieselbe von Euler erhalten hatte. In 234 meist ganz kurzen Briefen behandelt Euler die wichtigsten Gebiete der Astronomie, der mathematischen und physikalischen Geographie, der Physik und der Philosophie und zwar in einer so klaren, lichtvollen, ich möchte fast sagen liebenswürdigen Sprache, dass dieselben noch heute als Muster populärer Darstellung bezeichnet werden dürfen. Die Zeit verbietet, auf den Inhalt derselben näher einzutreten, ich muss mich darauf beschränken, Sie auf diese Briefe aufmerksam zu machen, aber ich würde mich glücklich schätzen, wenn der heutige Vortrag wenigstens den praktischen Erfolg hätte, dass diese Briefe Eulers an eine deutsche Prinzessin auch in grösseren Leserkreisen wiederum diejenige Beachtung finden würden, die sie in so hohem Grade verdienen.

Im Jahre 1766, also in seinem 60. Lebensjahre, verliess Euler Berlin und kehrte nach Petersburg zurück. Zu diesem Wechsel

Digitized by Google

wurde er durch einige Differenzen mit der Berliner Akademie, insbesondere aber durch die glänzenden Anerbietungen veranlasst, welche ihm von der Kaiserin Katharina II. gemacht wurden und welche Euler, der eine sehr zahlreiche Familie besass, nicht glaubte ausschlagen zu dürfen. Kaum in Petersburg angelangt, wurde er von einer heftigen Krankheit befallen, von der er sich zwar wieder erholte, aber nur mit gänzlichem Verluste auch seines zweiten Auges. So war denn Euler die letzten 17 Jahre seines Lebens völlig erblindet. Aber jetzt sollte es sich erst zeigen, über welch ungewöhnliche geistige Fähigkeiten Euler zu verfügen hatte, denn nunmehr entwickelte der gänzlich erblindete Greis, der nur noch auf sein Gedächtnis und seine Einbildungskraft angewiesen war, eine fast fieberhafte Tätigkeit, beinahe die Hälfte seiner gesamten Produktion fällt in die Jahre, wo er des für einen Gelehrten kostbarsten Organes beraubt war.

Kurze Zeit darauf wurde Euler von einem zweiten Unglücke heimgesucht, welches ihn unter solchen Umständen besonders empfindlich treffen musste. Sein Haus, ein Geschenk der Kaiserin, wurde bei Gelegenheit einer grossen Feuersbrunst ein Raub der Flammen. Seine Bibliothek und ein Teil seiner Manuskripte verbrannten. Er selbst wäre dem Feuertode nicht entgangen, wenn nicht ein in Petersburg lebender Basler namens Grimm, der die Gefahr erkannt hatte, in der sein berühmter Landsmann schwebte, mit eigener Lebensgefahr in das brennende Haus eingedrungen wäre und den blinden Greis auf seinen Schultern aus den Flammen herausgetragen hätte.

Man muss wahrlich die ausserordentliche Ruhe und Heiterkeit des Geistes bewundern, die Euler besessen haben musste, um nach so schweren Schicksalsschlägen immer und immer wieder zu seinen wissenschaftlichen Arbeiten zurückkehren zu können. Allerdings wurde er bei diesen auch unterstützt durch eine unglaubliche Vorstellungskraft und durch ein geradezu phänomenales Gedächtnis. Euler gehörte zu denjenigen Mathematikern, denen in jedem Augenblicke die Gesamtheit ihrer Wissenschaft zu Gebote stand.

Die folgenden Angaben mögen einen ungefähren Begriff von seiner Gedächtniskraft geben. In seinem 75. Lebensjahre berechnete einst Euler in einer schlaflosen Nacht die ersten 6 Potenzen der ersten 20 Zahlen und sagte dieselben mehrere Tage lang vorwärts und rückwärts auf. Er wusste in seinem hohen Alter noch die ganze Aenaeide auswendig und zwar wusste er von jeder Seite der von ihm in seiner Jugend benutzten Ausgabe anzugeben, mit welchem Verse dieselbe anfing und aufhörte.

Euler besass in hohem Grade, was wir heute allgemeine Bildung nennen. Er war ein gründlicher Kenner des klassischen Altertums,

Digitized by Google

der Geschichte und der Literatur, auf dem Gebiete der Medizin und der Naturwissenschaften besass er mehr als gewöhnliche Kenntnisse, wir haben ja gehört, dass er bereits mit 20 Jahren als Physiologe an die Petersburger Akademie berufen worden war. Seine Mussestunden widmete er der Tonkunst, aber auch am Klavier zeigte er sich als Mathematiker: er hat sogar eine Theorie der Tonkunst geschrieben.

Euler war, was man nicht von jedem grossen Manne sagen kann, auch ein vorzüglicher Mensch. Er besass eine ungewöhnliche Herzensgüte und eine fast kindliche Frömmigkeit. Es wird Sie vielleicht noch interessieren, zu erfahren, dass Euler auch nie aufgehört hatte, ein Schweizer zu sein, denn obgleich er 25 Jahre lang in Berlin und 31 Jahre in Petersburg gelebt hat, so bediente er sich doch stets, oft zum Ergötzen seiner Umgebung, der echtesten Basler Mundart mit allen ihren Eigentümlichkeiten.

Eulers Ende war eines grossen Gelehrten würdig, er wurde mitten in seiner Tätigkeit vom Tode überrascht. Mit dem lebhaften Interesse, welches er jeder neuen Erfindung entgegenbrachte, hatte er sich noch am 18. September 1783 mit der Theorie der Bewegung der Luftballons beschäftigt, die damals gerade aufgekommen waren, eine schwierige Berechnung war ihm gelungen, er unterhielt sich darüber mit einem seiner Freunde, da plötzlich sank er zurück, die Feder entfiel seiner Hand, Euler hatte aufgehört zu rechnen und zu leben. —

Ein Jahrhundert ist seit jener Zeit verflossen, ein Jahrhundert reich an Fortschritten auf dem Gebiete der mathematischen Wissenschaften. Aber wie gross auch die Reihe der glänzenden Entdeckungen ist, die sich an die Namen Lagrange, Gauss, Jacobi anknüpfen, wir stehen noch heute unter dem dominierenden Einflusse dieser gigantischen Erscheinung Eulers. Wir lesen seine Werke nicht aus historischem Interesse, nicht etwa um zu erfahren, wie man über diese oder jene schwierigen Fragen in dem vergangenen Jahrhundert gedacht hat, sondern weil wir in ihm unsern Lehrer anerkennen, dessen Führung wir uns noch heute mit der ganzen Bescheidenheit und Bewunderung anvertrauen, die uns seine geistige Überlegenheit einflösst.

Aber noch nach einer andern Seite möchte ich diese Erinnerung an Euler abschliessen. Das Jahrhundert, welches uns von Euler trennt, es ist auch reich, ja überreich an Fortschritten auf dem Gebiete der Technik. Es ist aber eine unbestrittene Tatsache, dass diese Fortschritte im engsten Zusammenhange stehen mit der Entwicklung der mathematischen Wissenschaften, auch wenn dieser Zusammenhang nicht immer so direkt nachweisbar wäre, wie dies bei

Digitized by Google

Eulers Erfindung des achromatischen Fernrohrs der Fall ist. So hat denn auch Euler einen nicht zu unterschätzenden Anteil an den grossen Errungenschaften, deren sich die Menschheit heute rühmt und erfreut, und darum verdient sein Name gekannt und anerkannt zu werden auch von denen, die den mathematischen Wissenschaften ferne stehen.

Auf dem Friedhofe von St. Petersburg erinnert ein mächtiger Block aus finnländischem Granit mit der Inschrift: „Leonardo Eulero Academia Petropolitana“ den Wanderer, dass er sich an der Stelle befindet, welche die irdischen Reste des grossen Mathematikers in sich birgt. Vielleicht wird nach tausend und abertausend Jahren der Stein durch Ereignisse irgend welcher Art von seiner Stelle entfernt sein, seine Inschrift verwittert, seine Bedeutung vergessen sein. Aber der Name Leonhard Euler wird als Symbol höchster geistiger Vollkommenheit fortleben, so lange es eine Kultur gibt, denn er selbst hat sich ein Denkmal gesetzt, grösser, erhabener und unvergänglicher als jedes Gebilde von Menschenhand, das sind seine unsterblichen Werke.

Digitized by Google

# Geologische Nachlese.

Von

Albert Heim.

---

Nr. 20.

## Beweist der Einbruch im Lötschbergtunnel glaciale Übertiefung des Gasterentales?

Während der Tagung des internationalen Geographenkongresses in Genf traf die Nachricht von dem Unglück im Lötschbergtunnel ein. Was man damals wusste, war nur, dass, nachdem der Tunnel vom Nordportal weg 2675 m durch Kalksteine vorgetrieben war und man sich nun etwa 180 m unter dem Boden des Gasterentales befand, nach einer Sprengung vor Ort ein Einbruch von Schuttmaterial stattfand, der 24 Arbeiter begrub und den Stollen auf etwa 1800 m Länge ausfüllte. Das Ereignis geschah am 24. Juli 1908, morgens 2½ Uhr. Eine Probe des eingebrochenen Schuttes, die in Genf vorlag, wurde dort für Glacialschutt gehalten und es wurde die Meinung verkündigt: Die Katastrophe im Lötschbergtunnel ist ein glänzendes Zeugnis, ein experimentum crucis für die glaciale Übertiefung des Gasterentales. Welches Unglück, dass die geologischen Experten von 1900 nicht Glacialhobler waren, sie hätten sonst von dieser Tunnellinie abgeraten! Gegenüber solcher Auffassung scheint es mir Pflicht, den Tatsachen Zeugnis zu geben.

Da der Verwaltungsrat der „Berner Alpenbahn Gesellschaft" beschlossen hat, den Expertenbericht noch nicht zu publizieren, kann ich auch meine Antwort auf die Annahme am Geographenkongress nicht durch Hinweis auf die in diesem Gutachten angeführten Tatsachen stützen und muss vieles Interessante verschweigen. Ich darf bloss die objektiven, geologischen Tatsachen nennen, welche die für die Bahngesellschaft gleichgültige wissenschaftliche Frage der „Übertiefung" betreffen. Was ich hier zu sagen habe, kann zum Teil jeder Geologe durch eine Begehung jederzeit feststellen, das übrige war längst in verschiedenen Zeitungen zu lesen.

Digitized by Google

Am 17. Februar 1900 haben die geologischen Experten, die Herren v. Fellenberg, Kissling und Schardt dem Regierungsrat ihr Gutachten über Lötschbergtunnel, höheres und tieferes Projekt, und über Wildstrubel abgegeben. Die Arbeit ist publiziert in den Mitteilungen der Berner naturforschenden Gesellschaft 1900. Sie enthält manche sorgfältige Beobachtung. Die Gesteinsverhältnisse und Gesteinslagerungen sind so, wie es damals möglich war, dargelegt und durch den Tunnelbau bisher auch bestätigt. Freilich, heute könnten wir das geologische Tunnelprofil viel zuverlässiger geben, indem eine Reihe von neuen Einblicken möglich sind. Besonderer Hervorhebung bedarf der Umstand, dass das dann mehr als sieben Jahre später in Angriff genommene Projekt ein anderes ist, als dasjenige, welches die Experten begutachtet hatten und dass eine neuere, eingehendere Untersuchung über das zur Ausführung beschlossene Projekt leider nicht mehr angeordnet worden ist. Im genannten Gutachten wird über die Frage des Gasterentales mit einer gewissen Leichtigkeit hinweggegangen, die mit dem übrigen nicht übereinstimmt. Wir finden darüber ausser der Warnung vor Wassereinbrüchen auf Seite 24 einzig folgenden Satz (S. 25):

„Die Unterführung unter den Gasternboden hat, trotz der geringen Überlagerung, nicht zu befürchten, auf Trümmergestein zu stossen. Die Auffüllung beträgt höchstens 60—70 m. Der Tunnel wird also sicher noch von mindestens 100 m Felsgestein überhöht sein."

Worauf sich nun die Annahme gründet, dass der Gasternkies höchstens 60—70 m tief reiche, ist nicht gesagt. Offenbar ging man, ohne diese Frage näher zu prüfen, von der irrtümlichen Annahme aus, es sei selbstverständlich, dass die „Klus" einen Felsriegel enthalte. Vielleicht dachte man unwillkürlich an eine Analogie mit dem Urserntal für den Gotthardtunnel oder mit dem nahen Ueschinental. Es fehlte der richtige Zweifel, der zu einer genauen Untersuchung dieser Frage und zur richtigen Beantwortung hätte führen können.

Als der Tunnelbau schon in vollem Gange war, verlangte Herr Oberingenieur Zollinger von Herrn Dr. Rollier einen Bericht über die Quellen und die geologischen Verhältnisse an den beiden Tunneleingängen. Infolge dieses Auftrages reichte Herr Dr. Rollier am 16. November 1906 seinen „Vorläufigen Bericht über die geologischen Verhältnisse am Nord- und Südende des Lötschbergtunnels" ein. Der auf das Gasterental bezügliche Satz lautet:

„Ich glaube, dass die Alluvialbildungen, Grundmoräne, Talausfüllungen und Aufschüttungen tiefer reichen, als das Experten-

Digitized by Google

profil (= das oben zitierte) es andeutet. Ob sie aber bis zur Tiefe von 200 m vorhanden sind, kann man nur dann annehmen, wenn man die Bildung des Gasternbodens der Gletschererosion zuschreibt. Darüber gehen bei den Fachleuten die Meinungen noch weit auseinander. Sollte das Alluvium (Grundmoräne, Kies und Sandschichten) so tief hinabreichen, so würde es auf über 100 m lang im Tunnel anzutreffen sein. Ein solcher Boden ist für einen Tunnelbau nicht günstig; jedoch bietet er kein absolutes Hindernis dar . . . ."

Auch Herr Dr. Rollier geht hier von der irrtümlichen Voraussetzung aus, dass die Klus im Niveau der Kander anstehende Felsschwelle sei und dass ein Tieferreichen der Schuttbildungen im Gasterentale nur dann möglich sei, wenn hinter dieser Felsschwelle eine Übertiefung des Talbodens stattgefunden habe. In Anlehnung an diese Auffassung denkt er sich unter dem Gasternboden viel feste Moräne. Es bleibt ein Fortschritt und ein Verdienst von Herrn Dr. Rollier, gegenüber dem ersten Gutachten die Möglichkeit angedeutet zu haben, „dass auf über 100 m Länge Schutt unter dem Gasternboden getroffen werde".

Wir sehen also, die vier Geologen, die sich mit der Prognose zu beschäftigen hatten, gingen alle von der irrtümlichen Annahme aus, die Klus sei eine Felsschwelle. Eine eingehende Prüfung der Klus aber hätte diesen Irrtum beseitigen müssen.

Wenn man vom Kandergletscher talauswärts geht, trifft man bei ca. 1500 m auf einen anstehenden Felsriegel von Gasterngranit, den „Brandhubel", in welchem die Kander eine, unten nur 3—5 m breite Erosionsschlucht eingegraben hat. Plötzlich endigt der Felsriegel mit zirkusförmigem Rand. Trotzdem folgt kein Wasserfall und kein Talkessel, sondern der flache, grosse Alluvionsboden des Gasterentales. Der tiefe Talzirkus, der hier einst gewesen sein muss, ist aufgeschüttet bis nahe an seinen Rand. Von dieser Stelle bei ca. 1480 m an talauswärts treffen wir im Kanderlauf nirgends mehr anstehendes Gestein bis zum Gips im Einschnitt am Strätligenhügel bei ca. 580 m Meerhöhe, bloss 2 km oberhalb des Thunersees. Zunächst unter Brandhubel folgt der flache Alluvionsboden des Gasterntales. Er ist mehr als 4 km lang und am Fuss der beidseitigen Steilwände wenigstens 500, meistens 700, stellenweise 1000 m breit. Erst läuft er gegen Westen, dann gegen Nordwesten. Er schneidet die Streichrichtung der Schichten schief. Ringsum schliessen gewaltige Steilwände ihn ein. Am nordwestlichsten Ende bei 1360 m Meerhöhe hört plötzlich der Talboden auf und die Kander wendet sich durch eine enge, steile



Digitized by Google

Felsschlucht, die „Klus“ gegen N und sogar NNE. Die Klus ist eine Stromschnelle von 130 m Fall auf 750 m Länge. Die beidseitigen Felswände in der Klus fallen steil, oft völlig senkrecht ab. Sie stehen meistens 40—50 m, im mittleren Teil 140 m, an der engsten Stelle 25 m auseinander. Dem Fuss der Wände liegen grobblockige Schuttkegel vor. Der Boden, über welchen die Kander braust, besteht hier nirgends aus Fels, stets aus Bergsturzmaterial. Der Hauptbergsturz, der die oberste Sperre in der Klus aus grossen Kieselkalkblöcken (Tschingelkalk) bildet, kommt von Osten, wo am unteren Teil des Fisistockes westlich unterhalb 2185 und 2205 m die Abrissnische deutlich in die Augen springt. Gar kein Anzeichen spricht für eine Felsschwelle in der Klus, es ist nur grobes Blockwerk. Die beidseitigen Wände lassen höher oben keine Erosionskessel mehr erkennen, sie sind abgebrochen nach einer Basis, welche, aus Lage und Form der Wände zu schliessen, viel tiefer unten gelegen haben musste. In der Talenge der Klus, weder an den Wänden unten noch über denselben sind Gletscherschliffe erhalten. Die Klus mündet auf den Talboden von Kandersteg, der selbst hoch aufgeschüttet ist. Die Hügel bei Kandersteg sind meistens Moränen, die Schwelle der Strassenkehren unterhalb Bühlbad ist Moräne, teils mit Bergsturz überschüttet. Dies setzt sich fort hinab bis über Blauseeli und bis Inner-Kandergrund. Erst vor der Tellenburg und dann wieder bei Heustrich erscheint Fels und zwar Flysch im Borde der Kander, während der ursprüngliche Talweg auch hier seitlich noch tiefer gelegen haben mochte. Das herrliche Blauseeli im grobblockigen Trümmerstrom des Kieselkalkbergsturzes darf nicht unerwähnt bleiben. Aufschüttung des Gehängefusses und des Talbodens bleibt der Charakter des Tales bis zum Thunersee hinaus.

Die Untersuchung des Kandertales führt also zu dem Resultate, dass die beiden ausgeprägten Talstufen, diejenige von Kandersteg so gut als diejenige des Gasterentales nur durch mächtige Schuttsperren — die untere mehr durch Moräne, die obere durch Bergsturz allein — gestaut worden sind und die flacheren Talboden durch Sand- und Kiesaufschüttung durch die Kander hinter den Schuttschwellen gebildet worden sind. Unter Kandersteg mag der Felsgrund 150—200 m tief, unter dem Gasterental 200—300 m tief liegen. Das ganze Talgebiet war ursprünglich viel tiefer und ähnlich dem Lauterbrunnental gestaltet. Aus der Untersuchung des Talgrundes geht mit Bestimmtheit hervor, dass der ebene Boden des Gasterentales ganz nur durch Kanderkies und Sand über einem mindestens 200 m tieferen Felsgrunde aufgeschüttet worden ist, bis an das Niveau

Digitized by Google

der Felssturzblocksperre oben in der Klus, welche Klus früher einer Aareschlucht oder Viamala ähnlich gewesen sein mag.

Bei dieser Art der Auffüllung hinter Blocksperre ist das Hinterfüllungsmaterial weitaus vorherrschend Kies und Sand des Flusses. Nur an den Randregionen werden hie und da grobe, von den Gehängen gestürzte Blöcke und überhaupt Gehängeschuttmassen eingelagert sein. Da zeitweise auch Seebildung vorhanden gewesen sein kann, so können mit Sand und Kies auch Lehmschichten wechseln. Zwar fehlen bis jetzt bestimmte Anzeichen hierfür. Die Lehmlagen sind eher im unteren Teil des Gasternbodens zu erwarten. Moränen sind unter dem Gasternboden nur in geringen Mengen zu erwarten, weil die Barriere in der Klus wahrscheinlich jünger ist als das Dasein des Gletschers daselbst.

Der Gletscher soll die Talmulde bei Frutigen, bei Kandersteg, in Gastern ausgehobelt haben! Warum hat er nicht auch die Klus zum Becken erweitert, da er dort doch keine härteren Gesteine vorfand und noch länger und in grösserer Mächtigkeit dort gearbeitet hat als am Thunersee und bei Frutigen und Kandersteg? Es ist das eben eine jener unbegreiflichen Launen, wie sie die Vertreter der See- und Talaushoblung durch Gletscher auf Schritt und Tritt ihrem allmächtigen Liebling zumuten. Nicht einmal hat er den Gehängen der Klus Rundhöckertypus aufzuprägen vermocht oder die viel schneller als der Gletscher arbeitende Talbildung durch Wassererosion und Abwitterung der Gehänge hat die Gletschererosionsformen längst wieder verwischt.

Was lehrt uns nun der Tunneleinbruch vom 24. Juli in Beziehung auf das Gasternthal?

Er stellte sich plötzlich nach der in gewöhnlicher Art vorgenommenen Sprengung ein in Form eines unterirdischen Muhrganges. Es war ein Strom von mit Wasser erfülltem Kies und Sand. Jedenfalls war nicht der Wassereinbruch, sondern der Materialeinbruch die Hauptsache und die Füllung der Lücken mit Wasser ergab nur die grössere Beweglichkeit für Sand und Kies. Die breiartige Masse scheint den Weg von 1800 m durch den Stollen in ca. 10—15 Min. zurückgelegt zu haben. Mit dem Stillstand des Muhrganges entwickelte sich oben auf demselben ein Wasserstrom, der das feinere Material vortrieb und verschwemmte. Schon zehn Minuten später fällt nach dem Zeugnis des Aufsehers Riva das trübe Wasser bei ca. 650 m hinter Tunneleingang, das ca. 60 cm über die Schienen gegangen war, wieder ab. Am 29. Juli und nachher wurde das aus dem schutterfüllten Stollen über 1 km hinter Portal ausfliessende

Digitized by Google

Wasser auf 60—90 Sek.-Liter gemessen; das ist gerade soviel, wie auch schon vor dem Einbruch an dieser Stelle die angeschnittenen Felsspaltquellen geliefert haben. Das den unterirdischen Muhrgang begleitende Wasser war kein neu angerissener, mächtiger „Wassersack", keine neu angerissene, grosse Quelle, noch viel weniger ein Einbruch der Kander, denn sonst wäre alles bewegliche, auch die bei 850 m stehenden Arbeiter, die Menschen als Leichen, aus dem Tunnel hinausgespült worden. Es war nur ausser den schon vorhandenen Quellen das im Sand und Kies enthaltene Grundwasser.

Die Stollenauffüllung wird auf ca. 6000 $m^3$ berechnet.

Schon am Morgen nach dem Einbruch kam die Nachricht, dass im Gasternboden etwas seitlich neben der Kander nun eine Einsenkung entstanden sei. Die Absenkung nahm zu und zeigte konzentrische Risse an der Oberfläche und das Kanderwasser erfüllte den tieferen Teil. Die Aufnahme von Anfang August zeigte einen grössten Durchmesser in N-S-Richtung von 90 m, einen kleineren in W-O-Richtung von 75 m. Die deutlich ausgesprochene tiefste Stelle des Trichters liegt nur ca. 20 m westlich von der Tunnelachse und zirka 20 m nördlich vom Stollenvorort. Die grösste Tiefe ergab sich zu 4,1 m unter Wasserspiegel an einer Stelle, wo der Boden vorher zirka 1 m über Wasserspiegel gestanden haben mag. Die mittlere Einsenkung auf einer Fläche von ca. 6200 $m^2$ kann auf höchstens 1 m angenommen werden. Hieraus ergibt sich, dass das Volumen der Füllung im Stollen ziemlich gleich ist demjenigen der Einsenkung im Gasterentale. Es sind also im Boden zwischen Tunnel und Oberfläche keine Hohlräume mehr vorhanden. Der Einbruch hat sich sofort durch die ganze Masse vom Tunnel bis zu dem 180 m höher gelegenen Gasternboden fertig vollzogen.

Im Gegensatz zu der weitverbreiteten Meinung, die Kander sei in den Tunnel eingebrochen, ist hervorzuheben, dass der Wassereinbruch im Tunnel sehr rasch abgenommen hat, während ein Kandereinbruch nicht im ersten Moment am stärksten gewesen wäre. Schneller als der Bodeneinbruch die Kander erreichen konnte, war die Katastrophe im Tunnel schon vorüber. Das Wasser im Tunnel hat niemals der Wassermenge der Kander entsprochen. Die trübe Kander wird ihren Untergrund auch in der Einsenkung bald ausgepicht haben. Und obschon das Wasser im Einsenkungstrichter mit Fluoreszin gefärbt worden war, trat keine Färbung im Tunnel auf, sondern nur in den Grundwasserquellen des Gasterentales.

Das eingebrochene Material ist vor allem keine Moräne, kein Lehm, kein Schlamm. Es ist Flussand und Flusskies von

Digitized by Google

vollständig der gleichen Beschaffenheit und Zusammensetzung, wie wir ihn überall im Gasternboden und in der Kander gelagert finden; mehr als die Hälfte der Sandpartikel sind Quarz und Feldspatkörner aus dem zerfallenen und zerriebenen Gasterngranit. Die kleinere Hälfte sind Trümmerchen von Eisensandstein des Dogger, gelbem Triasdolomit, verschiedenen Kalksteinen und Schiefern, ganz in der gleichen Mischung wie überall im Sand des Gasternbodens und wie sie den Gebirgen im Sammelgebiete von Gastern entspricht. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass überall da, wo bei 1000—1600 m im Tunnel hinter Pfosten oder sonst an geschützten Stellen noch Reste vom höchsten Stand der Einbruchsmuhre stehen geblieben waren, nur obenauf ein Schichtchen Tonschlamm von kaum 1 mm Dicke lag, alles übrige aus reinem Sand bestund. Der Sand und Kies ist also nicht etwa bloss durch Spülung aus Moräne entstanden, es war schon vorher gewaschener Flussand und Flusskies.

Beim Abgraben der vorderen Massen des Einbruches ein Stück einwärts zeigten sich nun noch folgende bemerkenswerte Funde, abgesehen von Trümmern von Menschen, Tieren und Rollwagen:

1. Einige kaum etwas abgerundete Blöcke bis 40 cm Durchmesser von verkittetem Gehängeschutt aus lauter Malm-Kalksplittern gebildet. Diese Breccie zeigt, dass das durchschossene Felstalgehänge von fest verkittetem Gehängeschutt unter dem Kanderkies bekleidet war. Es handelt sich also nicht bloss um eine enge Klus, sondern um ein offenes Tal, in das der Tunnel hineingeraten ist; denn an den Felsflächen einer steilwandigen engen Klus kleben keine Gehängebreccien, wohl aber bilden sie sich am sanfter geböschten offenen Talgehänge.
2. Einige verkittete, bis faustgrosse Stücke aus feinem Kanderkies und Sand mit deutlicher Schichtung. Diese beweisen, dass der eingebrochene Sand nicht etwa durch Wasserschlemmung aus einer Moräne gespült worden ist, sondern als Sand und Kies nahe vor Ort gelagert ist.
3. Einige faustgrosse, eckige Kalksteinbrocken, wohl von der letzten Sprengung oder vom Stollengrunde mitgerissen.
4. Ein grösserer eckiger Block, ca. $^1/_2$ m Durchmesser, von aplitischem Kandergranit. Derselbe muss erratischer Block im Gasternschwemmland gewesen sein.
5. Mehr und mehr nicht nur Sand, der als Brei mit Wasser schneller und weiter vorrückte, sondern auch Kies. Die sämtlichen Hauptgesteine des Gasternhintergrundes sind bereits am 29. Juli als eigrosse Gerölle in Gasternsand des Einbruchs eingebettet, von

Digitized by Google

uns gefunden worden und weiter einwärts im Stollen besteht, wie sich seither gezeigt hat, die Füllung mehr und mehr aus Kies. Die Gerölle alle, die ich gesehen oder gesammelt habe, sind echte, ziemlich gleichmässig und gut gerundete Flussgeschiebe. Nichts von der Mischung eckiger mit gerundeten Geschieben, wie Moränen sie aufweisen, und nichts von geschrammten Grundmoränengeschieben.

Es ist die Frage aufgeworfen worden, ob man nicht vielleicht nur in eine Gebirgsspalte geraten sei, die mit dem Gasternkies in Verbindung stehe. Gegen diese Auffassung sprechen:

1. Die Bruchstücke von Platten der Gehängebreccie und von geschichtetem, verkittetem Sand, die wir oben erwähnt haben.
2. Der Umstand, dass der Einbruch in solch grosser Masse und so rasch erfolgte.
3. Dass ein Einsenkungstrichter im Gasterentale verhältnismässig schnell und nahezu senkrecht über der Einbruchsstelle im Stollen entstanden ist.
4. Dass wir bei Verlängerung der rechtsseitigen Felsböschung des Tales unter den Gasternboden gerade an diese Einbruchstelle im Tunnel treffen, d. h. an der einen nördlichen Talwand des alten Tales uns befinden.

Wir kommen notgedrungen zu der Erkenntnis:

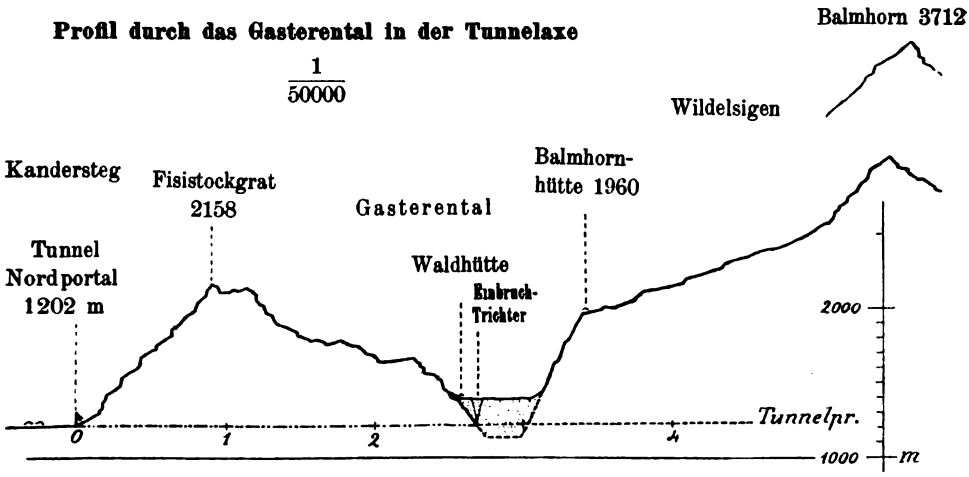
Der Stollen ist mit der letzten Sprengung vom 24. Juli 1908 aus dem Kalkfelsberg hinaus in das alte, früher viel tiefere, jetzt mit Sand und Kies erfüllte Gasterental geraten. Das eindringende Wasser ist wahrscheinlich gar nicht oder doch nur zum geringsten Teile Kanderwasser, es ist das Grundwasser des Gasterentales, das dort wohl in verschiedenen Schichten liegt.

Die Gehänge beidseitig des jetzigen Gasterentales haben auf wohl 4 km Länge den gleichbleibenden Charakter. Die unteren Teile der Gehänge sind am steilsten, 60—70° steil, dann kommen Schutthaldenvorlagen und der ebene Aufschüttungsboden. Ergänzen wir in verschiedenen Querprofilen die Talwände bis in die Tunneltiefe, so kommen wir dort unten noch auf die Zahlen 300, 500, 800 m für die Schuttbreiten. Nun schneidet der Tunnel das Gasterental zwar in seiner schmalsten Region, allein schief, so dass wir in der Tunnelaxe den Kies und Sand auf 300—350 m Länge treffen würden. Nur eine sehr sonderbare Gestalt des alten Tales, ein Felsvorsprung oder eine vergrabene Felsterrasse, eine lokale Talverengerung ohne Gesteinswechsel und ohne Richtungswechsel — immerhin eine sehr seltene Erscheinung — wie sie dem übrigen Charakter dieses Tales

Digitized by Google

nicht angepasst wären, könnten eine wesentliche Kürzung der Talschuttlänge im Tunnel ergeben.

Ein Beweis für glaciale Austiefung des Gasterentales hinter der Klus kann in den zu Tage stehenden Erscheinungen wie in den durch den Stollen erschlossenen absolut nicht gefunden werden. Wer diesen Talbau studiert, ohne an wesentliche




glaciale Übertiefung zu glauben, der kommt dennoch ganz sicher zu dem Schlusse, dass der alte Gasterentalweg unter dem jetzigen Gasternboden 200—300 m tief liegen müsse. Für glaciale Austiefung fehlen die Moränen am Ende der Austiefung, es fehlen die Moränen im Einbruchsmaterial, es fehlt jeder Beweis und jede Wahrscheinlichkeit dafür. Die Tal- und Gehängeformen des Gebietes schlagen, nach meinem Formensinn zu urteilen, mit der Faust der Theorie ins Gesicht, die da meint, die Gletschererosion hätte die Talformen sehr wesentlich modifiziert. Flusserosion in mannigfaltig wechselnden Stadien, Aufschüttungen durch Moränen und Bergstürze, Hinterfüllung durch den Fluss, das sind die Vorgänge, welche hier gearbeitet haben. Von mächtiger Austiefung des Gasterentales durch Gletscher kann nur derjenige hier etwas finden, der in dieser Theorie von vornherein gefangen bleibt.

---

Nachschrift. Die obenstehende Notiz stand schon im Druck, als mir Herr Kollege Wilhelm Salomon den Separatabdruck seiner Arbeit zusandte: „Der Einbruch des Lötschbergtunnels“ (Verhandlg. Nat.-med. Verein zu Heidelberg 10. I. 1909). Dass das ganze Gasteren-

Digitized by Google

tal einst ein See gewesen sei, glaube ich niemals, sonst müsste das Material des Tunneleinbruches vielfach schlammiger Natur sein. Seebildung war wohl nur zeitweise und nur im unteren Teile des Kandernbodens vorhanden. Wenn ferner, wie Salomon meint, der Felsriegel der Klus erst nach der Seeauffüllung durchschnitten worden wäre, so hätte ja die Kander sich gleichzeitig auch wieder in die vorangegangene Aufschüttung einschneiden müssen. Davon ist nichts zu sehen. Der ebene Kanderboden mit dem Kanderfluss stützt sich direkt auf die Bergsturzschwelle. Diese letztere hat sich also seit der Hinterfüllung nicht wieder wesentlich zu vertiefen Zeit gehabt. Die Bergstürze oben in der Klus bedingen somit das Niveau des Gasternbodens und diese Aufschüttung ist jünger als die jungen Bergstürze. Herr Salomon glaubt, das alte Gasterental, das der Tunnel angestochen hat, sei glazial ausgetieft. Er gibt aber gar keinen Grund dafür an. Infolge davon habe ich an Obigem nichts zu ändern.

14. II. 1909.

Digitized by Google

# Notiz zur griechischen Terminologie.

Von

FERDINAND RUDIO.

Für die Interpretation des von Simplicius uns überlieferten Fragmentes aus der „Geschichte der Geometrie" des Eudemus ist von wesentlicher Bedeutung, welchen Sinn man dem Worte τμῆμα beizulegen hat[1]). An sich bedeutet ja dieses Wort zunächst überhaupt einen „Abschnitt" oder „ein abgeschnittenes Stück", seit Euklid aber hat τμῆμα, nämlich τμῆμα κύκλου, eine spezifische Bedeutung gewonnen: es bedeutet „Kreissegment", d. h. ein von einem Kreisbogen und der zugehörigen Sehne begrenztes Stück des Kreises. Für das, was wir heute „Kreissektor" nennen, d. h. für ein von einem Kreisbogen und den zugehörigen Radien begrenztes Stück des Kreises, hat Euklid das Wort τομεύς.

Nun ist aber der Anfang des Fragmentes des Eudemus ganz sinnlos, wenn man nicht zulässt, dass τμῆμα auch einmal die Bedeutung „Sektor" haben könne, während umgekehrt durch diese Deutung die Stelle nicht nur einen guten Sinn erhält, sondern auch den Sinn, den jeder Mathematiker unbedingt hier verlangen muss und der auch ganz unzweifelhaft vorliegt. Das könnte ja nun eigentlich schon genügen, um τμῆμα auch die Bedeutung „Sektor" zuzusprechen, umsomehr, als Simplicius gelegentlich sogar ein „Möndchen" als τμῆμα gelten lässt. Die von mir gegebene Interpretation jener Stelle gewinnt aber doch eine wesentlich höhere Sicherheit, wenn es gelingt, in der mathematischen Litteratur vor Euklid auch noch andere Stellen zu finden, in denen τμῆμα in der Bedeutung „Sektor" genommen werden muss. Das ist nun in der Tat der Fall. Auf eine dieser Stellen hat Herr T. L. Heath die Freundlichkeit gehabt, mich aufmerksam zu machen. Er schreibt mir darüber:

[1]) Der Bericht des Simplicius über die Quadraturen des Antiphon und des Hippokrates. Griechisch und Deutsch von Ferdinand Rudio. Leipzig 1907, S. 18. Siehe auch den Artikel τμῆμα in dem Wörterverzeichnis des Buches. Ich zitiere das Buch mit R.

Digitized by Google

„Was das *τμῆμα* im Sinne eines Sektors betrifft, so ist, soviel ich weiss, bis jetzt nie auf eine Stelle hingewiesen worden, die mir wenigstens als das allerbeste Zeugnis für Ihre Übersetzung gilt. Die Stelle, in Aristoteles, De cælo II 8, 289$^b$ 34—290$^a$ 5 befindlich, lautet so:

*τό τε γὰρ ϑᾶττον εἶναι τοῦ μείζονος κύκλου τὸ τάχος εὔλογον περὶ τὸ αὐτὸ κέντρον ἐνδεδεμένων (ὥσπερ γὰρ ἐν τοῖς ἄλλοις τὸ μεῖζον σῶμα ϑᾶττον φέρεται τὴν οἰκείαν φοράν, οὕτως καὶ ἐν τοῖς ἐγκυκλίοις· μεῖζον γὰρ τῶν ἀφαιρουμένων ὑπὸ τῶν ἐκ τοῦ κέντρου τὸ τοῦ μείζονος κύκλου τμῆμα, ὥστ᾽ εὐλόγως ἐν τῷ ἴσῳ χρόνῳ ὁ μείζων περιοισθήσεται κύκλος) . . .*

Die unterstrichenen [gesperrt gedruckten] Worte müssen etwa wie folgt übersetzt werden: „Unter den von den Radien weggenommenen (Teilen, oder *τμήματα*, ist zu verstehen) ist das *τμῆμα* des grösseren Kreises grösser", wo das *τμῆμα* ein von zwei Radien abgeschnittenes Ding ist und also nichts anderes als Sektor bedeuten kann; vergl. Bonitz, Index Aristotelicus 126$^a$ 55: „*τὰ ἀφαιρούμενα ὑπὸ τῶν ἐκ τοῦ κέντρου* (i. e. sectores circuli)". Man könnte zwar behaupten, es sei hier *κύκλου* als Umfang des Kreises und *τμῆμα* als Bogen desselben zu verstehen. Aber erstens, wenn Aristoteles das gemeint hätte, so würde er sicher *τῆς μείζονος περιφερείας* geschrieben haben; zweitens, in diesem Falle würde nicht das Wort *ἀφαιρουμένων* das richtige sein, sondern vielmehr *ἀποτεμνομένων.*"

Zu den sprachlichen Gründen, die Herr Heath mit Recht geltend macht, gesellen sich auch noch sachliche: die Bedeutung Sektor wird hier durch den Zusammenhang entschieden verlangt. Soweit ich es zu überblicken vermag, ist dies auch die Auffassung aller, die sich mit der Schrift des Aristoteles *Περὶ οὐρανοῦ* und speziell mit der vorliegenden Stelle beschäftigt haben. Neben Bonitz dürfte da zunächst C. Prantl genannt werden, der in seiner Ausgabe[1]) die angeführte Parenthese wie folgt übersetzt: „denn sowie unter den übrigen Körpern überhaupt in der ihnen eigentümlichen Raumbewegung der grössere schneller bewegt wird, so ist es ebenso auch bei den im Kreise bewegten; nämlich grösser ist unter den Kreissektoren der des grösseren Kreises; folglich wird wohlbegründeter Weise in der gleichen Zeit der grössere Kreis herumbewegt."

[1]) Aristoteles' Vier Bücher über das Himmelsgebäude und Zwei Bücher über Entstehen und Vergehen. Griechisch und Deutsch und mit sacherklärenden Anmerkungen herausgegeben von Carl Prantl. Leipzig 1857, S. 139. Siehe auch namentlich die Anmerkungen 33—37 (S. 301—307) zu dieser Stelle.

Digitized by Google

Von ganz besonderem Interesse aber ist natürlich, wie sich Simplicius, der ja auch zu der Schrift des Aristoteles *Περὶ οὐρανοῦ* einen Kommentar geschrieben hat, zu der Stelle verhält. Simplicius schreibt darüber wie folgt[1]):

„*εἰ γὰρ ἐκ τοῦ κέντρου τῶν ὁμοκέντρων κύκλων ἐκβαλλόμεναι εὐθεῖαι ἐπὶ τὰς τῶν κύκλων περιφερείας ὅμοια τμήματα τῶν κύκλων ἀφαιροῦσιν, οἷον τεταρτημόρια ἢ ἡμικύκλια ἢ ὁποιαοῦν, ὅταν κινουμένων τῶν κύκλων μία εὐθεῖα τῶν ἐκ τοῦ κέντρου συγκινουμένη καὶ αὐτὴ κατ' ἐπίνοιαν τοῖς κύκλοις ἐφαρμόσῃ τῇ ἑτέρᾳ μενούσῃ κατ' ἐπίνοιαν, τότε τὰ ὅμοια τμήματα τῶν κύκλων ἐν τῷ αὐτῷ χρόνῳ τὰ μὲν μεῖζον, τὰ δὲ ἔλαττον διάστημα τὸ καθ' ἑαυτὸ κεκίνηται ἕκαστον.*“

„Wenn nämlich Gerade, die von dem Zentrum der konzentrischen Kreise aus bis zu den Peripherien der Kreise verlängert werden, ähnliche Sektoren der Kreise abschneiden, wie z. B. Quadranten oder Halbkreise oder irgend welche andere, wenn dann bei der Bewegung der Kreise einer der Radien, von dem wir uns denken, dass er sich ebenfalls mit den Kreisen zugleich mitbewege, mit dem anderen, den wir uns in Ruhe bleibend denken, zusammengefallen ist, dann hat sich in derselben Zeit von den ähnlichen Sektoren der Kreise, jeder für seinen Teil, der eine durch einen grösseren, der andere durch einen kleineren Raum hindurch bewegt.“

Die Stelle ist nicht nur deswegen von Wichtigkeit, weil es wieder Simplicius ist, der zu uns spricht, sondern namentlich, weil uns auch hier, genau wie bei jener kritischen Stelle am Anfange des Fragmentes des Eudemus, die *τμήματα* gleich wieder als jene *ὅμοια τμήματα* entgegentreten, die bei der Interpretation soviel Verwirrung angerichtet hatten. Und wie es bei Eudemus[2]) heisst: „*ὅμοια γὰρ τμήματά ἐστι τὰ τὸ αὐτὸ μέρος ὄντα τοῦ κύκλου, οἷον ἡμικύκλιον ἡμικυκλίῳ καὶ τριτημόριον τριτημορίῳ*“, wie also dort durch den mit *οἷον* beginnenden Zusatz die *τμήματα* ausdrücklich vor Verwechselung geschützt und als Sektoren erklärt werden sollen, so fügt auch hier Simplicius sofort hinzu: „*οἷον τεταρτημόρια ἢ ἡμικύκλια ἢ ὁποιαοῦν*“, um jede andere Deutung, als eben Sektor, auszuschliessen.

Verfolgt man an Hand des Index Aristotelicus von Bonitz das Vorkommen und die Bedeutung von *τμῆμα* bei Aristoteles[3]), so ergibt sich, dass dieses Wort damals noch eine völlig neutrale Bedeutung hatte. Gerade dieser Umstand war ja die Ursache gewesen,

---

[1]) Simplicii in Aristotelis de cælo commentaria ed. J. L. Heiberg. Berlin 1894, S. 449.

[2]) R, 48.

[3]) In der Heiberg'schen Ausgabe des Kommentares von Simplicius fehlt leider das Wort *τμῆμα* im Index.

Digitized by Google

dass die Worte des Aristoteles „*τὸν τετραγωνισμὸν τὸν μὲν διὰ τῶν τμημάτων*“ ohne erläuternden Zusatz dem Simplicius unverständlich sein mussten, und gerade dieser Umstand hatte den Bericht des Simplicius veranlasst[1]).

Für die vorliegende Frage ist noch eine Stelle aus Aristoteles von Wichtigkeit. Sie findet sich in seiner Metaphysik (VII 10, 1034$^b$ 24—28). Aristoteles bespricht dort das Verhältnis des Ganzen zu seinen Teilen und untersucht namentlich, inwieweit der Begriff des Ganzen den der Teile in sich schliesse. Es heisst dort:

„*τοῦ μὲν γὰρ κύκλου ὁ λόγος οὐκ ἔχει τὸν τῶν τμημάτων, ὁ δὲ τῆς συλλαβῆς ἔχει τὸν τῶν στοιχείων· καίτοι διαιρεῖται καὶ ὁ κύκλος εἰς τὰ τμήματα ὥσπερ καὶ ἡ συλλαβὴ εἰς τὰ στοιχεῖα.*“

„Der Begriff des Kreises nämlich schliesst nicht den der Sektoren in sich, der der Silbe aber schliesst den der Buchstaben in sich, — und doch zerfällt auch der Kreis in die Sektoren, so gut wie die Silbe in die Buchstaben.“

Hier ist die Bedeutung „Segment“ für *τμῆμα* von vornherein ausgeschlossen[2]) und man könnte höchstens wieder bei *κύκλος* an den Umfang und bei *τμήματα* an seine Teile, die Bogen, denken. Aber dann würde man wieder mit Herrn Heath mit Recht *περιφέρεια* statt *κύκλος* verlangen, und überdies hätte dann Aristoteles ein recht ungeschicktes Beispiel gewählt, das seiner doch wohl nicht würdig wäre. Denn die definierenden Merkmale des Kreisumfanges und seiner Teile, der Kreisbogen, sind nicht in dem Masse von einander verschieden, dass daraus ein Gegensatz zur Silbe und ihren Buchstaben konstruiert werden könnte, während dies bei der Kreisfläche und den Kreissektoren allerdings der Fall ist. Es hat also auch an dieser Stelle das Wort *τμῆμα* die Bedeutung Sektor.

---

[1]) R, 5 und 103.

[2]) Was in den vorhandenen Übersetzungen leider nicht immer zum Ausdruck kommt. So übersetzt z. B. H. Bender (Stuttgart, 1871, S. 185) *τμήματα* mit „Kreisabschnitte“, während der richtige deutsche Ausdruck „Kreisausschnitte“ wäre.

Digitized by Google

Mitteilungen aus dem botanischen Museum der Universität Zürich. (XLIV.)

# 1.

# Beiträge zur Kenntnis der afrikanischen Flora. (XXII.)

(Neue Folge.)

Herausgegeben von Hans Schinz (Zürich).

Mit Beiträgen von

**A. Cogniaux** (Genappe). **A. Berger** (La Mortola).

**Hans Schinz** (Zürich).

---

## Dichapetalaceae.

**Hans Schinz (Zürich).**

***Pittosporum bicrurium*** Schinz et Durand in Etudes sur la flore de l'Etat Indépendant du Congo, I^re^ partie, pag. 65, Mém. Acad. Roy. de Belge LIII (1896), 141 et Annales du Musée du Congo, Sér. I, tome 1, fasc. 2 (1898), t. XXIII,

ist schon 1904 von Engler (im Bot. Jahrb. XXXIII, pag. 91) als eine **Dichapetalum**-Art angesprochen und vermutungsweise auf Grund der Abbildung mit Dichapetalum floribundum (Planch.) Engler (Natürl. Pflanzenfam. III, 4 [1896], 349) (= Chailletia floribunda Planch.) identifiziert worden. Derselben Vermutung, wenigstens hinsichtlich der Gattungszugehörigkeit, hat kürzlich auch Hallier (Über Juliania [1908], 119) Ausdruck verliehen. Ich habe nun das in Brüssel liegende Herbarexemplar neuerdings einer Untersuchung unterworfen und bin nun auch zu der Überzeugung gekommen, dass es sich in der Tat um eine Dichapetalum-Art, und zwar mit allergrösster Wahrscheinlichkeit um D. floribundum handelt. An dem einzigen zur Untersuchung vorliegenden Zweig sind allerdings die für die Dichapetalaceen charakteristischen Nebenblätter bereits abgefallen, indessen finden sich rechts und links der Blattstielinsertionen „Bruchlinien", die man als die Narben abgefallener Nebenblätter deuten und auffassen kann, sowie man überhaupt das Vorhandensein solcher voraussetzt. Auch die Discusschuppen habe ich nunmehr aufgefunden; sie sind aber so ausserordentlich klein, unscheinbar, tief in der Blüte inseriert und von der Wölbung des Fruchtknotens, namentlich aber von dem dicht wolligen Indument des Fruchtknotens verborgen, dass, wenn man nicht

Digitized by Google

von vornherein hartnäckig darnach sucht, man sie übersehen muss. Endlich haben alle Pittosporaceen baststäudige Harzkanäle; solche fehlen aber unserem Exemplar, wogegen der anatomische Achsenbau durchaus dem der Dichapetalaceen entspricht. Leider besitzt das einzige vorhandene Exemplar nur sehr wenige Blüten und zudem sind diese so wenig entwickelt, dass sich, wenn man dieselben nicht opfern will, unmöglich feststellen lässt, wie die Samenanlagen in den Fächern des Fruchtknotens inseriert sind, dass aber auf Taf. XXIII (l. c.) die Figuren 3 und 6 falsch sind, geht schon aus Figur 5 derselben Tafel hervor.

Die Pflanze stimmt durchaus mit Taf. 792 in Hook. Icon. Plant. (Chailletia floribunda Planch.) überein, nur sind in der von mir untersuchten Blüte die Discusschuppen entschieden kleiner als auf der zitierten Tafel angegeben.

---

## Sapindaceae.

**Hans Schinz** (Zürich).

1888 habe ich in den Abhandl. d. bot. Ver. Prov. Brandenburg, Band XXX, pag. 156, eine

***Pappea Schumanniana*** Schinz nov. spec.

beschrieben und auf die Unterschiede gegenüber der von Ecklon und Zeyher publizierten *Pappea capensis* (= *Kiggelaria integrifolia* E. Meyer in Drège, zwei pflanzengeographische Dokumente [1843], 90 non Jacq. = *Sapindus Pappea* Sonder in Harvey et Sonder, Fl. Cap. I [1859/60], pag. 241) hingewiesen. Hiezu ist dann als dritte Art dieser Gattung 1893 *Pappea Radlkoferi* Schweinfurth ex Penzig in Atti Congr. bot. Genova, pag. 336 u. in Bull. Herb. Boiss. VII, App. II (1899) 338 und 1905 endlich *Pappea ugandensis* Baker in Journ. Linn. Soc. XXXVII (1905), 138 hinzugekommen. Die Ecklon-Zeyhersche Pflanze schien in den Distrikten Uitenhag, Albany und Klein-Namaland der Kapkolonie, in Transvaal und Ostafrika verbreitet, *P. Schumanniana* auf Deutsch-Südwestafrika, *P. Radlkoferi* auf die Erytrea und *P. ugandensis* endlich auf Uganda, oder sagen wir auf die zentrale Seenregion beschränkt zu sein.

In der Beschreibung der *P. Radlkoferi* wird von Schweinfurth erwähnt, dass ihm Radlkofer, der Sapindaceen-Monographe, bei der Aufstellung dieser neuen Art behülflich gewesen sei und dass nach Radlkofer's Anschauung *Pappea Schumanniana* nur eine stärker behaarte Form der capischen Art sei und dass endlich die beiden Rehmannschen, aus der Transvaal stammenden Nummern 4007 und 5400 gleichfalls identisch mit *P. capensis* seien. Obschon mir diese

Digitized by Google

Notiz Radlkofer's bekannt gewesen ist, habe ich dennoch die Angelegenheit ruhen lassen, bis ich anfangs dieses Jahres auf diese Gattung neuerdings aufmerksam geworden bin durch die Beschreibung einer fünften *Pappea*-Art, *P. fulva* Conrath in Kew Bull. (1908), 221, umfassend folgende Nummern: Conrath 295 von Modderfontein, Rehmann 4007 von Aapiespoort und 5460 von Streydpoort in den Makapansbergen. Kurz vorher (Kew Bull. [1908], pag. 174) hatte Joseph Burtt-Davy darauf hingewiesen, dass in der Transvaal eine *Pappea* vorkomme, die nicht mit *capensis* zusammenfalle und die von ihm in East Fort und Wonderboompoort bei Pretoria (beides Transvaalstandorte) gesammelt worden sei; er fügt hinzu, dass mit dieser Art identisch seien die beiden Rehmannschen Nummern 4007 und 5460. Daraus ist also einmal zu schliessen, dass die Burtt-Davysche Pflanze der *Pappea fulva* Conrath entspricht und von Radlkofer somit angesprochen werden müsste als *Pappea capensis* Eckl. et Zeyher. Ich bin gezwungen in dieser Weise zu argumentieren, weil, trotzdem das Rehmannsche afrikanische Herbar durch Kauf seinerzeit in meinen Besitz übergegangen ist, mir gerade diese zwei Rehmannschen Nummern fehlen und ich daher nicht in der Lage bin, durch einen raschen Vergleich die Sache klären zu können; 5400 (bei Schweinfurth im Bull. Herb. Boiss.) dürfte wohl ein Druckfehler sein und wird wohl 5460 zu lesen sein. Nun habe ich dieses Frühjahr von Herrn Burtt-Davy aus Pretoria grössere Materialien in zwei sukzessiven Sendungen erhalten, mit der Aufforderung, die schwebenden Fragen zu klären, und so bin ich dazu gekommen, auch meine eigene *P. Schumanniana* nochmals zu vergleichen. Trotzdem ich nun nicht behaupten könnte, dass ich zu einem abschliessenden Urteil gekommen sei, möchte ich mir doch erlauben, das Resultat meiner Untersuchung zu publizieren, in der Meinung, dass unter Umständen auch Trugschlüsse zur Klärung schliesslich beitragen können.

Die Klärung ist aus zwei Gründen äusserst schwierig: einmal sind die meisten Herbarexemplare entweder steril (häufig), oder tragen nur das eine Geschlecht (ziemlich selten), und des Weitern ist der Blattpolymorphismus ein verblüffend grosser. Letzteres war nun allerdings bereits bekannt, denn schon Sonder weist darauf hin, dass Wasserschosse gezähnte Blätter besitzen[1]), und auch Schweinfurth

[1]) Eine gute Abbildung solcher, offenbar in natürlicher Grösse, findet sich in Sim, the forests and forest flora of the Cape Colony (1907), 171, t. 33, fig. 10; das betreffende Laubblatt misst 90 : 25 mm und gibt sich durch Bezahnung etc. als ein Stockausschlagblatt zu erkennen; in Grösse und Form ist es von den daneben gezeichneten normalen Blättern ebenso sehr verschieden, wie es anderseits den Stockausschlagblättern der *P. Radlkoferi* gleicht!

Digitized by Google

erwähnt die scharf gezähnten Blätter der Stockausschläge der *P. Radlkoferi;* ehe ich aber die letztern oder die der Burtt-Davyschen Nummern gesehen habe, dachte ich nie, dass die Verschiedenheit zwischen den Blättern einer und derselben Pflanze eine so überaus grosse sein könnte, eine so grosse, dass, wenn zwei Blätter nebeneinander liegen, jedermann diese beiden Blätter als zwei verschiedenen Gattungen, nicht nur Arten, angehörend auffassen müsste.

Trotz dieser Schwierigkeiten habe ich versucht, die mir vorliegenden Materialien (von Berlin habe ich eine überaus reiche Sendung aus dem tropischen Afrika erhalten und ebenso haben mir die Museen in München [Prof. Dr. Radlkofer] und in Chambésy [Herbier Boissier: W. Barbey und G. Beauverd] ihre Herbarexemplare zur Untersuchung geliehen) zu revidieren und das anscheinend Zusammengehörende zu vereinigen.

Da geht in erster Linie aus dem Berliner Vergleichsmaterial hervor, dass Radlkofer selbst heute die Variationsbreite der *Pappea capensis* ganz bedeutend weiter fasst, als dies zur Zeit der Aufstellung der *P. Radlkoferi* der Fall gewesen sein muss; dafür spricht, dass die Gilgschen Bestimmungen der von Engler in Westusambara gesammelten Nummern als *capensis* (wo man eher *Radlkoferi* vermuten sollte) Radlkofer's Approbation erhalten haben. Wenn nun aber die Blattgrösse (die Zähnelung spielt natürlich keine Rolle) als Unterscheidungsmerkmal dahinfällt, wird man in Verlegenheit sein, ein anderes für die eine oder andere Art charakteristisches Merkmal festzustellen. Form und Grösse der Petalen scheinen mir so gut wie deren Behaarung zu variieren. Wie ich oben gezeigt habe, werden einerseits die Rehmannschen Nummern 4007 und 5400 (= 5460?) als zu *capensis,* anderseits als zu *fulva* gehörend aufgefasst, und *fulva* selbst wird (Kew Bull. [1908], 221) mit *ugandensis* verglichen; wenn also die eine und dieselbe Nummer von dem einen Fachmanne (Radlkofer) als *capensis,* vom andern (Kew) als *ugandensis* und damit *Radlkoferi* nahe stehend bezeichnet wird, so wird es wohl gestattet sein, versuchsweise einmal alle *capensis-* und *Radlkoferi*-Nummern nebeneinander zu legen und zu vergleichen, und da sieht man dann rasch, dass eben, wie vorauszusetzen war, ein durchgreifendes Unterscheidungsmerkmal höherer Valenz fehlt. Wie sehr die Blattgrösse schwankt, dafür nur einige wenige Beispiele:

Burtt-Davy 5367, Waterbergdistr., Potgieter (also fulva Conrath entsprechend): hat Blätter, die zum Teil 35 : 16 mm, zum Teil 133 : 35 mm messen; die Spreiten beider Extreme sind beiderseits behaart.

Digitized by Google

Burtt-Davy, 7541, Wonderfontein:

25 : 11 mm, scharf- aber kurz-gezähnt, beiderseits weich behaart;
40 : 20 mm, am Rande nur wellig, beiderseits weich behaart;
100 : 45 mm, am Rande nur undeutlich wellig, beiderseits weich behaart;
110 : 35 mm (charakteristische Stockausschlagblätter), scharf gezähnt, beiderseits rauh anzufühlen.

Verglichen mit typischen Exemplaren der *P. capensis,* meine ich nun, dass es kaum angeht, die breitblätterigen Nummern des tropischen und subtropischen Afrika's kurzweg als *capensis* zu bezeichnen, sondern man wird der grössern Üppigkeit in der Ausgestaltung der Blattgrösse Rechnung tragen müssen; ich fasse dementsprechend diese letztern auf als **var. Radlkoferi** und mit dieser vereinige ich als äusserstes Extrem gleich auch *ugandensis,* denn es ist mir ganz und gar unklar, wodurch sich *P. ugandensis* eigentlich von *Radlkoferi* unterscheiden sollte und könnte. *P. fulva* fällt, bezw. geht auf in *var. Radlkoferi* (die Bemerkung im Kew Bull. [1908], 221, dass sich *fulva* von *capensis* u. a. dadurch unterscheide, dass die männlichen Blüten bei *fulva* lang-, bei *capensis* kurzgestielt seien, ist ganz unzutreffend, denn die typischen *capensis*-Exemplare haben gerade langgestielte Blüten!). Und was soll nun mit *P. Schumanniana* geschehen? Da stimme ich mit Radlkofer rückhaltlos darin überein, dass es sich nur um eine stark behaarte **Form** der *capensis* handeln kann; die frühere Bewertung als Art ist wohl verzeihlich, wenn berücksichtigt wird, dass man zu jener Zeit noch keine Ahnung hatte von dem überaus grossen Polymorphismus. Ich würde nun also die verschiedenen mir vorliegenden Nummern wie folgt gruppieren:

**Papea capensis** Eckl. et Zeyher Enum. (1836), 53.
Blätter kahl, oblong, Rand nach unten umgerollt, Nervatur unterseits wenig hervortretend.
Capkolonie: Klein-Namaland, Zilverfontein, Uitenhag, Albany.

**P. capensis** Eckl. et Zeyher f. **Schumanniana** Schinz.
Blätter eher noch schmäler als bei capensis, aber auch schmal oblong, beiderseits weich behaart, Haare längs des Mittelnerven unterseits ausserordentlich kurz, Blattrand nicht umgerollt.
Gross-Namaland, | Aus, Schinz und Schenck.

**P. capensis** Eckl. et Zeyher. f. **intermedia** Schinz.
Blätter auffallend schwach behaart, Nervatur unterseits so wenig hervortretend wie bei capensis und Schumanniana, Blattrand nicht umgerollt.
Drège (Fundort?).



Digitized by Google

**P. capensis** Eckl. et Zeyher **var. Radlkoferi** (Schweinf.) Schinz. nov. comb.
*P. Radlkoferi* Schweinf. l. c.
*P. ugandensis* Baker l. c.

Blätter bald beidseitig, bald nur unterseits weichbehaart, Nervatur unterseits stark hervortretend, Haare längs des Mittelnerven unterseits deutlich als Einzelhaare wahrnehmbar, also länger als bei den oben erwähnten Formen der capensis, elliptisch lanzettlich, breit elliptisch bis breit eiförmig, in der Regel vielmal länger und breiter als bei dem Formenkreis der capensis.

Transvaal: Burtt-Davy 2648 (Magaliesberg, bei Wonderboom), 5365 (Springbock Flats, Waterbergdistr.), 5366 u. 5367 (Waterbergdistrikt, Piet Potgietersrust), 7278 (Oregstad Valley, Lydenburg), 7463 (Gars-fontein, Pretoria), 7541 (Wonderfontein); Reck (Pretoria); Conrath 295 (Modderfontein); Rehmann 4007 (Aapiespoort), 5460 [oder 5400?] (Streydpoort); Engler 2869 (Wonderfontein), 2773 (Magaliesberge bei Pretoria, steinige Buschsteppe); Wilms 207 (Lydenburg).

Ostafrika: Merker (Steppe zwischen dem Kilimandscharo und Meru); Engler 1474 (Westusambara, Nordabhang, felsige Gebirgssteppe unterhalb Mbalu; von Gilg als capensis bezeichnet und so von Radlkofer approbiert, Blattgrösse 95 : 60 mm!), Schillings (Massai); Holst 8888 (Usambara); Hildebrandt 2826 (Kitui in Ukamba); Scott-Elliot 874 (Karagive); Schweinfurth 1041 (Acrur), 1068, 1080 (Gheleb), 1123 (unter Gheleb); Bagshawe 369 (Uganda); Kässner 785 (Galunka).

Westafrika: Antunes 184 (Gambos in Angola).

---

## Asclepiadaceae.

**A. Berger** (La Mortola).

***Stapelia Fleckii*** Berger & Schlechter n. sp.

Caules 10 cm alti et 12—14 mm diam., tetragoni, pubescentes, angulis vix dentatis denticulis erectis foliis minutis coronatis. Cymae laterales apicem versus caulium extraaxillares, 2—4 florae. Bracteae parvae subulatae. Pedunculi usque 20 mm longi, pubescentes. Calycis lobi ovato-lanceolati acuti, 5—6 mm longi, pubescentes. Corollae profunde quinquefidae tubus brevis subrotatus, lobi anguste lanceolati acuti, ultra 15 mm longi et 4—5 mm lati, dorso pubescentes intus transverse sulcati et verrucosi (ut videtur viridi-brunnei), eciliati

Digitized by Google

et glabri, basis loborum et tubus circa coronam pilis erectis albis clavatis dense villosus. Coronae exterioris ligulae erecto-patentes, spathulares, oblique truncatae et dentatae, dente terminali longiore; interioris coronae lobi antice in cornu longum reflexum prolongati postice alam dimidio fere breviorem deltoideam gerentes.

**Deutsch-Südwestafrika** (Gross-Namaland): bei Rehoboth, auf festem Geröllboden in kleinem Gesträuch „nach starkem Regen aufblühend" (Fleck 246a, 248a, blühend im Januar 1890. —

Diese neue und sehr interessante, kleinblütige Art gehört gleich der folgenden Art zu *Stapletonia,* und zwar zu den Kleinblütigen dieser Sektion, welche Haworth als *Gonostemon* als selbständige Gattung abtrennen wollte. Unter den näheren Verwandten sind *S. erectiflora, glanduligera* und die neuerdings von Marloth beschriebene *S. flavopurpurea* zu nennen.

***S. Schinzii*** Berger & Schlechter nov. spec.

Caules robusti, 4-goni, erecti, pubescentes, anguli compressi margine serrato-dentato dentibus foliolis minutis deltoideis instructis. Pedunculi e basi ramorum juniorum, crassi pauciflori (ca. 1—2-flori), bracteis parvis lanceolatis muniti. Pedicelli 6 cm longi et 6 mm crassi, pubescentes erecti. Calycis lobi lanceolati acuti, dorso carinati, minutissime pubescentes, 12 mm longi et 3 mm basi lati. Corolla extus pallida, profunde 5-fida, planiuscula ca. 22 cm lata, lobis ovato-lanceolatis ab medio longe caudato-cuspidatis, intus omnino glabra atrobrunnea, ad basim connatam (seu tubum) sulcis transversis minutissimis et concentricis vix conspicuis et lineis 5 sulcisve ad sinus loborum ducentibus ornata, ad loborum partem latiorem sulcis manifestis transversis obscuris crebris undulatis rugisque pallidioribus decorata, apicem caudatum versus laevior et pallidior, lobi circiter 10 cm longi et ca. 27 mm lati toto margine pilis clavatis purpureis eleganter ciliati. Corona obscure violaceo-brunnea, exterioris segmenta brevia erecta linearia apice recurvo obtusulo vel mucronulato; interioris segmenta antice in cornu ligulatum erectum apice recurvatum, postice in alam latam erectam obtusam vel oblique truncatam producta.

**Deutsch-Südwestafrika**: (Gross-Namaland) bei Rehoboth, Fleck 856, blühend Januar 1890; (Hereroland) aus der Umgegend von Okahandya, Dinter; bei Okomita, Dinter.

**Kalachari**: am Ngami-See, Schinz (ann. 1886), Fleck 2048.

Von Curt Dinter verschiedentlich gesammelt; ich verdanke ihm Herbar- und Alkoholmaterial, nach dem die obige Beschreibung ge-

Digitized by Google

geben wurde, welche jedoch nach lebendem Material besonders in bezug auf die Natur der Stämmchen und die Färbung der Blumen ergänzt werden muss. Es wäre wünschenswert, dass diese merkwürdige Pflanze lebend in unsere Gärten eingeführt würde.

Speciem hanc distinctissimam cl. H. Schinz didicavi. Ad sect. „Stapletonia" spectat, et forsitan S. giganteae magis affinis est quam aliis. Ab omnibus differt corolla maxima et glaberrima lobis longe caudato-cuspidatis, pilis clavatis purpureis magnifice ciliatis.

---

## Cucurbitaceae.

**A. Cogniaux** (Genappe).

***Kedrostis velutina*** Cogn. sp. nov.

Foliis parvis, breviter petiolatis, rigidiusculis, late suborbiculari-cordatis, basi profundiuscule emarginatis, apice rotundatis, indivisis vel obtuse angulato-sublobatis, margine subintegerrimis, utrinque breviter denseque velutinis; cirrhis simplicibus; floribus femineis solitariis, breviter pedicellatis; fructu ovoideo, glabro, laevi, polyspermo, breviter angusteque rostrato.

Rami gracillimi, paulo ramulosi, juniores angulato-sulcati et densiuscule breviterque villosi, vetustiores glabri. Petiolus gracilis, cinereus, breviter denseque villosus, 8—14 mm longus. Folia patula, plana, utrinque viridi-cinerea, 2—3½ cm longa et paulo latiora; sinus basilaris triangularis vel subrotundatus, 3—6 mm profundus. Cirrhi filiformes, breviusculi, inferne pilosuli superne glabri. Pedunculus femineus filiformis, subsparse breviterque pilosus, 5—7 mm longus. Calycis tubus anguste campanulatus, leviter puberulus, 2½ mm longus; dentes late triangulares, vix 1 mm longi. Fructus ut videtur rubescens, 15 mm longus, 8—9 mm crassus. — Affinis *K. mollis* Cogn.

**Südafrika** (Kapkolonie): in fruticetis ad Tzomás et Uitenhage, Schlechter 2596.

---

Digitized by Google

## 2.

# Beiträge zur Kenntnis der Schweizerflora. (IX.)

Herausgegeben von Hans Schinz (Zürich).

---

## 1. Begründung vorzunehmender Namensänderungen an der zweiten Auflage der „Flora der Schweiz" von Schinz und Keller.

Von

**Hans Schinz** und **A. Thellung** (Zürich).

(Vergleiche auch unsere bezüglichen Publikationen in der Vierteljahrsschrift der Zürcher. Naturforschenden Gesellschaft, LI [1906] und im Bulletin de l'Herbier Boissier, 2me série, VII [1907]).

### a) Bericht über eine Enquete betr. die „totgeborenen Namen" in der botanischen Nomenklatur.

Unter dem Datum des 10. Dezember 1907 haben wir an eine Reihe von Botanikern des In- und Auslandes, die sich in letzter Zeit mit Nomenklatur beschäftigt, ein Rundschreiben (das wir am Fusse dies reproduzieren) gerichtet, das zur Stellungnahme in der Frage der sogen. totgeborenen Namen (noms mort-nés) aufforderte. Wir gaben darin, unter Bezugnahme auf einen von uns herrührenden Passus im Bulletin de l'Herbier Boissier (2me sér., VII [1907], 101), folgende Definition des im Titel genannten Ausdruckes: „Als „totgeboren" bezeichnen wir diejenigen Namen, deren Aufstellung von Anfang an unter Verletzung einer Regel (speziell der Art. 48 und 50) erfolgt ist, die daher keinen Anspruch auf Berücksichtigung machen können und namentlich nicht zur Bildung neuer Kombinationen herangezogen werden dürfen (Art. 56)." Wir erläuterten dann an Hand der Beispiele von *Coronopus procumbens* Gilib. und von *Silene vulgaris* (Mönch) Garcke unsere Auffassung der zitierten Artikel der Wiener Regeln und forderten die Adressaten auf, uns ihre Meinung über das in Diskussion stehende Nomenklaturproblem zu äussern. Hierauf haben uns Antwortschreiben in verdankenswerter Weise zugehen lassen die Herren:

Deutschland: die Beamten des kgl. botan. Museums in Dahlen-Berlin: Geh. Ober-Reg.-Rat Prof. Dr. A. Engler, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. J. Urban, Dr. F. Fedde, Prof. Dr. E. Gilg, Dr. P. Graebner, Prof. Dr. M. Gürke, Prof. Dr. H. Harms, Prof. P. Hennings, Prof. Dr. G. Hieronymus, Dr. K. Krause, Dr. Th. Loesener,

Digitized by Google

Dr. R. Muschler, Dr. R. Pilger, Dr. E. Ulbrich. — J. Bornmüller-Weimar; Prof. Dr. C. Mez-Halle.

England: James Britten-London, Dr. A. B. Rendle-London (vergl. Journ. of Bot., XLV [Dec. 1907], 433); Dr. O. Stapf-London.

Frankreich: Dr. E. Bonnet-Paris; Dr. R. Maire-Nancy.

Österreich-Ungarn: die Beamten des botan. Institutes der k. k. Universität Wien: Prof. Dr. R. v. Wettstein, Dr. J. Brunnthaler, Dr. A. Ginsberger, Dr. H. v. Handel-Mazzetti, Dr. E. Janchen, Dr. O. Porsch, Dr. F. Vierhapper. — Dr. K. Domin-Prag; Prof. Dr. K. Fritsch-Graz; Prof. E. Hackel-Attersee; Dr. A. von Hayek-Wien (vergl. Mitteil. d. Naturw. Ver. a. d. Universität Wien, VI [1908], 57—65).

Schweiz: Dr. J. Briquet-Genf; E. Burnat-Nant près Vevey; Augustin und Casimir de Candolle-Genf; B. P. S. Hochreutiner-Genf.

ZÜRICH, Botan. Museum der Universität Zürich,
10. Dezember 1907.

Sehr geehrter Herr!

Beschäftigt mit der Bereinigung der Nomenklatur der schweizerischen Gefässpflanzen auf Grund der Beschlüsse des Wiener Kongresses vom Jahre 1905 und getragen von dem aufrichtigen Wunsche, so weit als immer möglich eine Übereinstimmung mit ähnlichen Bestrebungen mindestens in den übrigen europäischen Ländern zu erzielen, gestatten wir uns anmit, an die Fachkollegen mit einer Nomenklaturangelegenheit zu gelangen und an Sie, hochgeehrter Herr Kollege, die Bitte zu richten, die Frage Ihrerseits zu prüfen, beziehungsweise uns mitteilen zu wollen, wie Sie sich Ihrerseits zu derselben stellen, und uns, falls Sie zu einer von unserer Ansicht abweichenden Auffassung gelangen, eventuell dieselbe kurz zu begründen.

Nachdem die Bereinigung der bis anhin üblich gewesenen Pflanzenbenennungen gleichzeitig in England (G. Claridge Druce-Oxford, Britten und Rendle-London), in Österreich (Janchen-Wien) und in der Schweiz (seitens der Unterzeichneten) in Angriff genommen worden ist, hat sich gezeigt, dass hinsichtlich der sogenannten „totgeborenen Namen" die Meinungen weit auseinandergehen und dass gerade dieser Punkt einer doch allseitig aufrichtig gewünschten Übereinstimmung hindernd im Wege steht. Von zwei Seiten ist uns entgegengehalten worden, dass man das Prinzip der „totgeborenen Namen" nicht anerkenne; leider ist aber von keiner Seite bis zur Stunde der Versuch gemacht worden, diese, von der unsrigen abweichende Auffassung auf Grund der Wiener Regeln zu begründen.

Wir haben im Anhange zu diesem Schreiben eine Liste von Beispielen aufgestellt, um die Tragweite der Differenz zu zeigen; die verhältnismässig grosse Zahl derselben spricht wohl für die Berechtigung, eine Meinungsäusserung herbei zuführen.

Digitized by Google

In unserer dritten und letzten Publikation über Namensänderungen (im Bull. de l'Herb. Boissier, 1907, 101) haben wir unsern Standpunkt, der am Prinzip der totgeborenen Namen festhält, auseinandergesetzt und glauben uns daher an dieser Stelle kürzer fassen zu dürfen.

Als „totgeboren" bezeichnen wir diejenigen Namen, deren Aufstellung von Anfang an unter Verletzung einer Regel (speziell der Art. 48 und 50) erfolgt ist, die daher keinen Anspruch auf Berücksichtigung machen können und namentlich nicht zur Bildung neuer Kombinationen herangezogen werden dürfen (Art. 56).

Wir stützen uns dabei auf die §§ 2 und 56 der Wiener Regeln, von denen der erstere ausdrücklich sagt, dass die Regeln rückwirkende Kraft haben und dass Namen und Formen der Nomenklatur, die einer Regel widersprechen, nicht beibehalten werden können. § 56 bestimmt dann des weitern, dass in den in Art. 51 bis 55 behandelten Fällen der zu verwerfende Name durch den nächstältesten gültigen Namen der betreffenden Gruppe zu ersetzen sei, oder es sei, falls ein solcher fehle, ein neuer Name für die Gruppe zu bilden.

Die Tragweite dieser beiden Paragraphen — im Lichte unserer Auffassung — haben wir an früherer Stelle an Hand eines Beispieles gezeigt *(Coronopus procumbens* Gilib.), und der Vollständigkeit halber mag dasselbe hier reproduziert werden; es illustriert besser als weitschweifige Auseinandersetzungen den Kern unserer Auslegung.

Die wichtigeren Synonyme (in chronologischer Reihenfolge) lauten folgendermassen:

*Cochlearia Coronopus* L. 1753.
*Nasturtium verrucarium* Garsault 1764—67.
*Lepidium squamatum* Forsk. 1775.
*Cochlearia repens* Lam. 1778.
***Coronopus procumbens*** Gilib. 1781.
*Coronopus Ruelli* All. 1785.
*Carara Coronopus* Medik. 1792.
*Coronopus depressus* Mönch 1794.
*Cochlearia tenuifolia* Salisb. 1796.
*Coronopus vulgaris* Desf. 1804.
*Senebiera Coronopus* Poiret 1806.
*Coronopus squamatus* Ascherson 1864.
*Coronopus Coronopus* Karsten 1883.
*Coronopus verrucarius* Muschler und Thellung 1906.

Daran knüpfen wir folgende Überlegung: wird *Cochlearia Coronopus* L. in die Gattung *Coronopus* übertragen, so hätte die Art (nach Art. 48)[1]) dort *Coronopus Coronopus* zu heissen, wenn diese Kombination nicht nach Art. 55, Al. 2[2]) unzulässig wäre. Nach Art. 56 ist nun der zu verwerfende Name durch den nächstältesten gültigen[3]) Namen der betreffenden Gruppe zu ersetzen, oder es ist, falls ein solcher fehlt, ein neuer Name zu bilden. Welches ist nun, nachdem das älteste

[1]) Art. 48: Wird eine Art unter Beibehaltung ihrer Rangstufe in eine andere Gattung gestellt, so bleibt das erste spezifische Epitheton erhalten oder es wird wieder eingesetzt.

[2]) Art. 55, Al. 2: Artnamen sind zu verwerfen, wenn sie eine einfache Wiederholung des Gattungsnamens darstellen.

[3]) Von uns gesperrt, um hervorzuheben, dass nicht etwa der nächstälteste spezifische Name zur Verwendung gelangen soll und darf.

Digitized by Google

spezifische Epitheton „*Coronopus*“ hat fallen gelassen werden müssen, der nächstälteste gültige Name? Die nächstältesten spezifischen Epitheta sind ***Nasturtium verrucarium*** Garsault 1764—67 und ***Lepidium squamatum*** Forsk. 1775; beide sind aber nach dem eben zitierten Art. 48 ungültig, da bei der Übertragung von *Cochlearia Coronopus* in die Gattungen ***Nasturtium*** und ***Lepidium*** nur Kombinationen mit „*Coronopus*“ zulässig waren, und können daher nach Art. 51, Al. 5[1]) keinen Anspruch auf Berücksichtigung machen. Die zwei nächstältesten Namen sind *Coronopus procumbens* Gilib. 1781 und *C. Ruelli* All. 1785, von denen der erstere um vier Jahre die Priorität hat. — Gilibert war in seinem Falle (bei der Übertragung von *Cochlearia Coronopus* L. in die neu geschaffene Gattung *Coronopus*) frei, irgend einen beliebigen spezifischen Namen (inklusive ***verrucarius*** und ***squamatus***) zu wählen, aber er war absolut nicht genötigt, einen dieser beiden älteren Namen anzuwenden, denn Art. 56 schreibt ausdrücklich vor, dass, wenn noch kein gültiger Name vorhanden ist, der das zu verwerfende älteste Epitheton („*Coronopus*“) ersetzen könnte, ein neuer Name gebildet werden soll, beziehungsweise darf.

Ähnlich verhält sich der folgende Fall:

*Cucubalus Behen* L. 1753.
*Cucubalus latifolius* Miller 1768.
*Cucubalus venosus* Gilib. 1781.
*Behen vulgaris* Mönch 1794.
*Cucubalus inflatus* Salisb. 1796.
*Silene Cucubalus* Wibel 1799.
*Silene inflata* Sm. 1800.
*Silene Behen* Wirzén 1837 (non L. 1753).
*Silene venosa* Ascherson 1859.
***Silene vulgaris*** (Mönch) Garcke 1869.
*Silene latifolia* Rendle und Britten 1907.

Auch hier kann bei der Übertragung von *Cucubalus Behen* L. in die Gattung *Silene* das älteste, von Linné gegebene spezifische Epitheton nicht beibehalten werden, wie dies Wirzén 1837 getan hat, da die Kombination *Silene Behen* schon seit 1753 für eine andere Spezies zu Recht besteht[2]), sondern es muss nach Art. 56 durch den nächstältesten gültigen Namen ersetzt werden. Als solcher ist nun nach unserer Auffassung *Behen vulgaris* Mönch (1794) zu betrachten; denn *Cucubalus latifolius* Miller (1768) und *C. venosus* Gilib. (1781) sind willkürliche Neubenennungen für die — in der Gattung *Cucubalus* — schon 1753 von Linné in gültiger Weise benannte Art, und als solche nach Art. 50[3]) ungültig, während bei der Übertragung von *Cucubalus Behen* L. in die Gattung *Behen* nach Art. 55, Al. 2,

---

[1]) Art. 51: In den folgenden Fällen soll niemand einen Namen anerkennen:
5. Wenn er den Regeln der Sektionen 4 und 6 nicht entspricht. (Der eben erwähnte Art. 48 gehört zur Sektion 6.)

[2]) Art. 53. Wird eine Art von einer Gattung in eine andere übertragen, so muss ihr spezifisches Epitheton durch ein anderes ersetzt werden, wenn es bereits für eine gültige Art der Gattung vergeben ist.

[3]) Art. 50. Niemand ist berechtigt, einen Namen (oder eine Kombination von Namen) zu verwerfen, abzuändern, oder durch einen andern (oder eine andere) zu ersetzen auf den Vorwand hin, dass er schlecht gewählt sei, dass er nicht angenehm sei, dass ein anderer besser oder bekannter sei, noch wegen des Vorhandenseins eines älteren, allgemein als ungültig angesehenen Homonyms, noch aus irgend einem anderen anfechtbaren oder unwichtigen Grunde.

Digitized by Google

zur Vermeidung eines Doppelnamens ein neues spezifisches Epitheton notwendig gebildet werden musste. Auf den von Mönch (1794) in gültiger Weise neugebildeten Namen „*vulgaris*" hat dann Garcke 1869 die heute zu Recht bestehende Kombination ***Silene vulgaris*** begründet.

Es wäre nun noch möglich, das Wort „gültig" in dem Passus „nächstältester gültiger Name" in Art. 56 im Sinne von „rechtsgültig publiziert" (im Sinne der Art. 35—39), das heisst „mit Beschreibung oder mit Hinweis auf eine früher unter anderem Namen veröffentlichte Beschreibung usw. aufgestellt", auszulegen; doch ist, abgesehen davon, dass wir unsere Interpretation von „gültig" im Sinne von „den Regeln (in ihrer Gesamtheit) entsprechend" für natürlicher und näherliegend halten, zum mindesten eine Widerlegung derselben nicht möglich, und wir erblicken in ihr ein erwünschtes Mittel, um eine Anzahl[1]) von Namensänderungen zu vermeiden. Wer nämlich den Ausdruck „gültig" im Sinne von „rechtsgültig publiziert" auslegt, ist genötigt, in den beiden skizzierten Fällen jeweilen den zweitältesten spezifischen Namen als gültig zu verwenden und die erst in allerneuester Zeit gebildeten Kombinationen *Coronopus verrucarius* (Garsault) Muschler und Thellung und *Silena latifolia* (Miller) Rendle und Britten anzuerkennen.

Wir bekennen unumwunden, dass auch eine andere Auslegung denkbar ist; die Berechtigung der unserigen steht und fällt, je nachdem dem Passus „nächstältesten gültigen Namen" in Art. 56 diese oder jene Anwendung zugestanden wird.

Wir, die wir uns in Übereinstimmung mit dem Redaktor der Wiener Regeln, mit Herrn Dr. J. Briquet wissen, können es nur bedauern, dass die Wiener Regeln überhaupt den „totgeborenen" Namen sorgfältig aus dem Wege gegangen sind, und dass kein Beispiel, das in diese Kategorie fallen würde, klar den gesetzlichen Weg weist.

---

Um nun die Ansicht derjenigen Fachkollegen, die sich mit diesen und ähnlichen Fragen schon beschäftigt haben, kennen zu lernen, bitten wir Sie sehr, uns in aller Kürze mitteilen zu wollen, welcher Auffassung Sie sich anschliessen; wir werden nicht ermangeln, Sie nach Eingang der Antworten von dem Ergebnis der Enquete in Kenntnis zu setzen.

Zum Schlusse erlauben wir uns nur noch zu betonen, dass wir jeder Belehrung durchaus zugänglich sind und uns auch der Mehrheit jederzeit sofort unterziehen; unser einziges Bestreben geht dahin, das Mögliche zur Erreichung einer doch sicherlich allseitig gewünschten Übereinstimmung zu tun.

Mit der Versicherung aufrichtiger Hochachtung, ergebenst

**Hans Schinz** und **A. Thellung.**

---

[1]) Man vergleiche die am Schluss beigefügte Liste.

Digitized by Google

Beispiele von „totgeborenen Namen".

| a) Nach unserer Auffassung des Art. 56 gültige Namen: | b) Auf totgeborene Namen begründete Kombinationen: |
|---|---|
| *Dryopteris Linnæana* C. Christensen | *Dr. pulchella* (Salisb. sub Polypodio) |
| *Calamagrostis lanceolata* Roth | *C. canescens* (Weber) Druce |
| *Phragmites communis* Trin. | *Phr. vulgaris* (Lam.) Druce |
| *Eriophorum latifolium* Hoppe | *E. paniculatum* (Lam.) Druce[1]) |
| *Eleocharis pygmæa* Torrey | *E. parvula* (R. et Sch.) W. J. Hooker |
| *Polygonatum officinale* All. | *P. odoratum* (Miller) Druce[2]) |
| *Viscaria vulgaris* Röhling | *V. viscosa* (Scop.) Ascherson |
| *Silene vulgaris* (Mönch) Garcke | *S. latifolia* (Miller) Rendle und Britten |
| *Coronopus procumbens* Gilib. | *C. verrucarius* (Garsault) Muschler und Thellung |
| *Alliaria officinalis* Andrz. | *A. alliacea* (Salisb.) Rendle u. Britten |
| *Erucastrum obtusangulum* (Schleicher) Rchb. | *E. silvestre* (Lam. sub Eruca) |
| *Barbaræa vulgaris* R. Br. | *B. lyrata* (Gilib.) Ascherson |
| *Amelanchier ovalis* Medik. | *A. rotundifolia* (Lam.) Dumont-Courset |
| *Radiola linoides* Roth | *R. multiflora* (Lam.) Ascherson |
| *Anthriscus vulgaris* Pers. | *A. Scandix* (Scop.) Kerner |
| *Petroselinum hortense* Hoffm. | *P. vulgare* (Lam.) Fritsch |
| *Falcaria vulgaris* Bernh. | *F. sioides* (Wibel) Ascherson |
| *Silaus flavescens* Bernh. | *S. selinoides* (Jacq.) Halácsy |
| *Levisticum officinale* Koch | *L. paludapifolium* (Lam.) Rchb. |
| *Stachys densiflorus* Bentham | *St. danicus* (Miller sub Betonica) |
| *Succisa pratensis* Mönch | *S. præmorsa* (Gilib.) Ascherson |
| *Lagenaria vulgaris* Ser. | *L. leucantha* (Duchesne) Rusby |
| *Pulicaria vulgaris* Gärtner | *P. prostrata* (Gilib.) Ascherson |
| *Crupina vulgaris* Cass. | *Cr. acuta* (Lam.) Fritsch |
| *Taraxacum officinale* Weber | *T. vulgare* (Lam.) Schrank |

Die eingegangenen Antworten lauteten, wie dies zu erwarten war, sehr verschieden; einige der Interpellierten erklärten ihre uneingeschränkte Zustimmung zu unseren Ausführungen, andere die Zustimmung in einer beschränkten Zahl von Fällen, wieder andere endlich verwarfen das Prinzip der totgeborenen Namen vollständig. Es ergab sich etwa die folgende Stufenleiter:

1. Uneingeschränkte Zustimmung: Bornmüller, Bonnet, Maire, Domin, Fritsch, Hackel, Briquet, Burnat, Hochreutiner.
2. Beschränkte Zustimmung:

---

[1]) Dieses Problem ist nicht rein nomenklatorischer Natur; vergl. Schinz und Thellung in Bull. Herb. Boiss. 1907, Seite 563/4.

[2]) Oder eventuell, falls sich *Convallaria odorata* Miller als nicht zu *P. officinale* gehörig erweisen sollte (vergl. Druce in Ann. Scott. Nat. Hist. Nr. 64 [Okt. 1907], 242), *P. Sigillum* (Lepechin 1771 sub Convallaria), aber nicht, wie Druce l. c. vorschlägt, *P. angulosum* (Lam. 1778 sub Convallaria) Druce.

Digitized by Google

a) Ausschluss derjenigen Fälle, wo ein Autor eine neue Art aufzustellen geglaubt hat und diejenige Spezies, mit der seine Art heute als synonym erkannt ist, noch besonders aufführt: Rendle und Britten.

b) Ausschluss der unter a) genannten Fälle, ferner derjenigen, wo diejenige Art, mit der die neu aufzustellende synonym ist, weder als Synonym noch vergleichsweise genannt wird, wo also eine willkürliche Umtaufung nicht nachzuweisen ist: Botan. Institut der k. k. Universität Wien.

c) Resultate grösstenteils mit den unsrigen übereinstimmend, doch auf Grund abweichender Interpretation der Wiener Regeln: Stapf.

3. Vollkommene Verwerfung: Kgl. botan. Museum in Dahlem-Berlin; Mez, Hayek, A. u. C. de Candolle. — Dr. A. v. Hayek hat sich indessen bereit erklärt, eventuell auch gegen seine Überzeugung sich der Auffassung der Majorität anzuschliessen, und auch die Beamten des Berliner Museums wollen die Entscheidung dem nächsten Kongress überlassen.

Hieraus ergibt sich, dass immerhin die Mehrzahl der europäischen Floristen das Prinzip der totgebornen Namen ganz oder wenigstens teilweise anerkennt; wir hoffen in den folgenden Ausführungen zu zeigen, dass, sofern man zu dem Prinzip nicht eine prinzipiell ablehnende Haltung einnimmt, der Ausschluss der unter 2a und 2b genannten Fälle nicht gerechtfertigt ist, womit eine noch weiter gehende Übereinstimmung in unserem Sinne erzielt würde.

Wir geben zunächst das Antwortschreiben des früheren Generalsekretärs der Nomenklaturkommission und Redaktors der Verhandlungen des Wiener Kongresses, Dr. J. Briquet-Genf, das die Frage der totgeborenen Namen in kurzer und übersichtlicher Weise zusammenfasst, in extenso wieder:

*Genève*, le 22 septembre 1908.

Messieurs et honorés confrères!

La question des noms *mort-nés*, au sujet de laquelle vous me faites l'honneur de me consulter, est déjà ancienne. En effet, le qualificatif *mort-né*, appliqué à un nom botanique, a été introduit dans la bibliographie de la nomenclature dès 1888 par Alph. de Candolle[1]);

[1]) Alph. de Candolle. *Effets rétroactifs en nomenclature (Arch. des sc. phys. et nat.* ann. 1888, *Comptes rendus des séances Soc. de Phys. p. 57*; voy. aussi: Briquet, *Une lettre d'Alphonse de Candolle à M. Emile Burnat* (in Morot *Journ. de Bot.* XI, févr. 1897).

Digitized by Google

il a été ensuite employé par M. Emile Burnat[1]), et a été de notre part l'objet d'un commentaire détaillé il y a quatorze ans[2]).

Alph. de Candolle appellait *mort-nées les combinaisons de noms créées à l'encontre d'une règle impérative;* il avait spécialement en vue le cas dans lequel un auteur a transporté une espèce d'un genre dans un autre en changeant arbitrairement l'épithète spécifique. Il cite l'exemple du *Nymphæa alba* qui, transporté dans le genre *Castalia,* doit s'appeler *Castalia alba.* «Ceux qui ont fait d'autres noms pour l'espèce, dit-il, ont eu une idée baroque et n'ont produit que des noms mort-nés».

Les épithètes spécifiques empruntées à des combinaisons mort-nées, dans le sens d'Alph. de Candolle, doivent-elles être utilisées ou doivent-elles être rejetées lors-qu'il s'agit d'appliquer l'art. 48 des *Règles de la nomenclature?*

On a répondu à cette question, qui est celle que vous posez, de trois manières différentes, dont la dernière est seule conforme aux règles de la nomenclature.

1° *Lorsqu'une espèce passe d'un genre dans un autre, l'épithète spécifique* ***doit être rejetée*** *si elle est empruntée à une combinaison de noms antérieure non valable (mort-née).* — C'est le point de vue défendu à l'art. 65 ter, alinéa 2, des *Propositions belgo-suisses*[3]). Le Congrès de 1905 a sans doute trouvé cette défense trop absolue, puisqu'il n'en a pas demandé la mise en discussion.

2° *Lorsqu'une espèce passe d'un genre dans un autre, on* ***doit dans tous les cas conserver*** *l'épithète spécifique la plus ancienne,* ***même lorsque la combinaison à laquelle on l'emprunte est contraire aux règles.*** — C'est le point de vue auquel vient de se placer M. de Hayek[4]), point de vue qui, selon nous, est absolument contraire aux art. 48 et 51, 5° des Règles de 1905: la prescription défendue par ce botaniste rend *obligatoire,* en cas de transport de groupe, l'utilisation de termes provenant de *binomes contraires aux règles.* Cette prétention nous paraît inadmissible: appliquée avec logique à divers articles des sections 4 et 6 (visées par la règle 51, 5°) elle aboutirait à des conséquences aussi fâcheuses qu'imprévues (par ex. pour les art. 35, 36, 37, 44, 46, 47).

---

[1]) Burnat, *Flore des Alpes maritimes* I, 198 et ailleurs passim.

[2]) Briquet, *Questions de nomenclature,* chap. VI *Des noms mort-nés (Bull. Herb. Boiss.* 1er Sér., II, 74—77, ann. 1894).

[3]) *Propositions de changements aux lois de la nomenclature de 1867 par un groupe de botanistes belges et suisses,* p. 14, ann. 1904; voy. aussi: *Texte synoptique* etc., art. 65 ter, p. 113.

[4]) Hayek, *in Mitteil. d. Naturw. Ver. Univ. Wien* VI, 57—65, ann. 1908.

Digitized by Google

Dans le premier cas, on est arrêté par une *défense absolue;* dans le second cas, on se heurte à un *ordre formel.* N'y a-t-il aucune autre solution? Sans doute: celle que nous fournissent les règles adoptés par le Congrès de Vienne en 1905, solution beaucoup plus agréable parceque moins gênante, celle de la *liberté.* Voici, en effet, en quoi elle consiste:

*3° Lorsque on fait passer une espèce d'un genre dans un autre, l'épithète spécifique* ***doit*** *être empruntée à la plus ancienne combinaison (au plus ancien binome)* ***valable*** (art. 48 et 51, 5°). *S'il n'existe pas d'épithète (de nom) valable,* ***une combinaison nouvelle*** *(un nom nouveau)* ***doit être créée*** (art. 56). *En créant cette combinaison l'auteur qui le premier effectue le transport de groupe est* ***absolument libre*** *de choisir l'épithète spécifique qui lui convient,* sans être lié ni par la défense du groupe des botanistes belges et suisses, ni par l'ordre de M. de Hayek. Il peut inventer une nouvelle épithète spécifique ainsi que le veulent les premiers: *aucune règle ne le lui défend.* Il peut aussi utiliser la même épithète spécifique que dans la combinaison «mort-née» (voy. Règles art. 27), mais *aucune règle ne l'y oblige.*

Je prends deux exemples parmi ceux que vous indiquez. Quel nom doit porter l'*Apium Petroselinum* L. transporté du genre *Apium* dans le genre *Petroselinum?*

Nous raisonnerons comme suit:

*Apium Petroselinum* L. (1753).

*Apium vulgare* Lamk. (1778). — Ce nom n'est *pas valable,* parceque (contrairement à l'art. 50) Lamarck a délibérément débaptisé une espèce linnéenne qu'il cite en synonyme (cas fréquent chez cet auteur). L'épithète spécifique nouvelle créée par Lamarck ne peut être mise ni au bénéfice d'une distinction spécifique poussée plus loin que Linné ne l'avait fait, ni au bénéfice de l'ignorance du nom linnéen antérieur, ni au bénéfice d'un doute quant à la synonymie: *Apium Petroselinum* L. = *Apium vulgare* Lamk. Il n'y a dès lors plus lieu de tenir compte de cette dernière combinaison.

***Petroselinum hortense*** Hoffm. (1814). — *Nom valable* conforme aux art. 48, 51, 5° et 56; l'auteur était libre dans le choix de l'épithète spécifique.

*Petroselinum vulgare* Fritsch (1907). — Ce nom n'est *pas valable,* parceque contraire aux Règles de 1905.

Les inconvénients qu'il présente sont les suivants:

1° Il emprunte inutilement l'épithète spécifique à une combinaison non valable (contraire à l'art. 50).

Digitized by Google

2° Il sanctionne, pour ainsi dire, une infraction aux principes renfermés dans les art. 15 et 17 des Règles, qui sont capitaux en matière de nomenclature spécifique.

Autre exemple. Le *Peucedanum Silaus* L. passe dans le genre *Silaus*. Nous raisonnons comme suit:

*Peucedanum Silaus* L. (1753).

*Seseli selinoides* Jacq. (1762). — Ce nom n'est *pas valable* parceque contraire à l'art. 48.

*Seseli pratense* Crantz (1767). — Ce nom n'est *pas valable* parceque contraire à l'art. 48.

*Ligusticum Silaus* Vill. (1779). — Nom *valable.*

*Sium Silaus* Roth (1788). — Nom *valable.*

*Crithmum Silaus* Wib. (1797). — Nom *valable.*

***Silaus flavescens*** Bernh. (1800). — Combinaison de noms *valable.* L'épithète spécifique *Silaus* ne peut être conservée pour cause de tautologie. Les noms employés par Jacquin et Crantz ne sont *pas valables.* Bernhardi appelé à créer un nom nouveau était donc libre de choisir une épithète spécifique *quelconque,* aussi bien *selinoides* et *pratense,* que *flavescens* ou tout autre; il a choisi *flavescens* et ce nom *doit être conservé.*

*Cnidium Silaus* Spreng. (1813). — Nom *valable.*

*Silaus pratensis* Bess. (1820). — Combinaison de noms *qui serait valable, si* celle proposées par Bernhardi n'avait la priorité.

*Silaus Silaus* Karst. (1883). — Combinaison *non valable,* contraire aux Règles, art. 55, 2°.

*Silaus selinoides* Beck (1884). — Combinaison de noms *qui serait valable, si* celles proposées par Bernhardi et par Besser n'avaient la priorité.

Si vous appliquez ces règles aux exemples que vous donnez, vous verrez que tous les noms que vous énumérez dans votre colonne *a* sont conservés. Sans doute, une pareille coïncidence dans les résultats de l'application de la règle des noms mort-nés des *Propositions belges et suisses* d'une parte et des *Règles de 1905* d'autre part n'a pas toujours lieu, mais elle est certainement très fréquente. Une seconde remarque est que les noms (combinaisons de noms) conservés en application des règles de 1905 émanent *presque toujours d'auteurs anciens,* ceux à rejeter émanent le plus souvent d'auteurs contemporains: c'est l'indication que le principe de *liberté* (et aussi *de stricte priorité*) inscrit dans les règles de 1905, n'est que la continuation d'un régime fort ancien.

J'ajouterai en terminant que le système déduit des Règles de 1905 *est celui qui entraine le minimum de création de noms* (ou com-

Digitized by Google

binaisons de noms) *nouveaux:* cela saute aux yeux si l'on compare les deux listes de noms que vous présentez, et je puis vous assurer par mon expérience personnelle *que cet avantage se maintient régulièrement quelle que soit la longueur des listes!* Le congrès de Vienne a donc agi sagement *en repoussant les deux opinions extrêmes en présence* (celle des botanistes belges et suisses et celle de M. de Hayek), il a ainsi réalisé le principe inscrit à l'art. 4: *éviter toute création inutile de noms.*

Agréez, Messieurs et honorés confrères, l'expression de mes sentiments très distingués.

Dr. J. Briquet,
Ancien rapporteur général au Congrès de Vienne 1905.

Bevor wir uns zur Widerlegung der gegen unsere Auffassung vorgebrachten Gründe wenden, möchten wir uns vor allem gegen die in manchen Antworten zwischen den Zeilen durchblickende Auffassung verwahren, als ob wir das Prinzip der totgeborenen Namen, das nach der Meinung mancher Autoren die Nomenklatur unnötig komplizieren soll, quasi aus Laune aufgestellt hätten und durch seine Anwendung eine Verletzung der Wiener Regeln begiengen, bezw. eine Modifikation derselben anstrebten. Nichts liegt uns ferner als diese letztere Tendenz; wir sind vielmehr Anhänger einer absolut strikten Befolgung der Nomenklaturregeln (vergl. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LI [1906], 501) und werden uns auf dem nächsten internationalen Kongress mit aller Energie gegen irgend welche Änderung derselben wehren, in der Überzeugung, dass nur so dem Zurückfallen in die frühere Anarchie gesteuert werden kann. Wir vertreten das Prinzip der totgeborenen Namen, weil es nach unserer Auffassung ein direkter Ausfluss der Art. 15 und 56 der Wiener Regeln ist, und vom Momente dieser Überzeugung an wird auch jegliche Diskussion über die Vorteile oder Nachteile des Prinzips gegenstandslos. — Der Begriff der «*noms mort-nés*» ist bekanntlich von Alphonse de Candolle aufgestellt worden («Effets rétroactifs en nomenclature», in Arch. des sc. phys. et nat. ann. 1888, Comptes rendus des séances Soc. de phys. p. 57); etwa synonym damit ist die von Garcke in in seiner „Illustrierten Flora Deutschlands" bei totgeborenen Lamarck- und Gilibert'schen Namen angewendete Bezeichnung „willkürlicher Name". Die Schweizerflora von Schinz & Keller ist übrigens nicht die einzige, deren Nomenklatur nach dem in Diskussion stehenden Prinzip bereinigt ist; dasselbe ist der Fall bei den neueren Auflagen der bereits erwähnten Garcke'schen Flora, sowie in den von uns

Digitized by Google

hochgeschätzten Florenwerken: „Flore des Alpes-Maritimes" von Burnat und „Flora analitica d'Italia von Fiori und Paoletti.

Da wir uns, wie schon gesagt, auf eine Diskussion über den Wert des Prinzips der totgeborenen Namen nicht einlassen, wenden wir uns gleich der formellen Seite der Frage zu und suchen den Nachweis zu erbringen, dass das fragliche Prinzip voll und ganz in den Wiener Regeln enthalten ist.

Wie uns von mehreren Seiten mit Recht entgegengehalten worden ist, kann der Passus in Art. 2: „. . . sie (die Regeln) haben stets rückwirkende Kraft, d. h. Namen und Formen der Nomenklatur, die einer Regel widersprechen, können nicht beibehalten werden", nicht ohne weiteres zugunsten unserer Auffassung, d. h. zur Ungültigerklärung der totgeborenen Namen, herangezogen werden. Hier, wie in zahlreichen anderen Fällen, sind nämlich die Ausdrücke „Namen" und „Formen" zweideutig, indem sie sowohl „einzelne Namen" (Familien- oder Gattungsnamen, spezifisches Epitheton, Varietätennamen etc.) als auch „Namenkombinationen" (Binome) bezeichnen können. Wer in Art. 2 „Namen" im Sinn von „Kombination" auffasst, kann mit Recht sagen: die betr. Kombination (z. B. *Nasturtium verrucarium* Garsault) kann nicht beibehalten werden; doch folgt daraus noch nicht, dass das spezifische Epitheton „*verrucarium*" nicht in anderer Kombination (*Coronopus verrucarius*) als gültig verwendet werden darf. Wer dagegen, was ebenfalls zulässig ist, unter „Name" in unserem speziellen Fall „spezifisches Epitheton" versteht, muss sich der Beibehaltung des Garsault'schen Namens „*verrucarius*" in irgend einer Kombination widersetzen. Wir sind indessen zur Aufrechterhaltung unseres Prinzips nicht auf diese letztere, anfechtbare Auslegung des Art. 2 angewiesen; es genügen für unsere Zwecke schon die Art. 15 und 56, wie wir gleich zeigen werden.

Recht verschiedene Auslegungen hat auch der Begriff von „gültig" in dem von uns angezogenen Art. 56 erfahren: „In den in den Art. 51—55 behandelten Fällen ist der zu verwerfende Name durch den nächst ältesten gültigen Namen der betreffenden Gruppe zu ersetzen, oder es ist, falls ein solcher fehlt, ein neuer Name für die Gruppe zu bilden". Diejenigen Autoren, die das Prinzip der totgeborenen Namen völlig verwerfen, interpretieren „gültig" im Sinne von „rechtsgültig publiziert" (so die Berliner Botaniker und A. v. Hayek)[1]; C. und Aug. de Candolle verstehen unter „le plus

[1]) C. Mez beschränkt sich in seiner Antwort auf die Erklärung, dass es nach seiner Meinung keine „totgeborenen", sondern nur aus irgend einem Grund nicht gebrauchte Namen gebe (mit Rücksicht auf die oben zitierte, von der unsrigen abweichenden Interpretation von Art. 2); auf die Diskussion des Art. 56 tritt der genannte Autor nicht ein.

Digitized by Google

ancien nom valable": „le plus ancien nom valablement publié et qui dans sa nouvelle position se trouvera être d'accord avec les règles de la nomenclature", eine Auffassung, die auch nicht ohne weiteres widerlegt werden kann; O. Stapf deutet den „nächst ältesten gültigen Namen", unter Zuhilfenahme von Art. 26, im Sinn der „ältesten Kombination in der richtigen Gattung", worauf noch zurückzukommen sein wird. Angesichts dieser Meinungsdifferenzen, die sich bei derartigen mehr oder weniger willkürlichen Auslegungen notwendig ergeben müssen, scheint uns die von uns vertretene Auffassung noch immer die natürlichste und einfachste: „gültig" (schlechtweg) = „den Regeln (in ihrer Gesamtheit) entsprechend". Wir leiten diese Interpretation von „gültig" aus Art. 15 ab, wo ausdrücklich gesagt wird, dass ein Name, um als „gültig" betrachtet werden zu können, „den Regeln" (also nicht nur einem Teil derselben) entsprechen muss: „Für jede Pflanzengruppe kennt die Wissenschaft nur einen gültigen Namen[1]), und zwar ist dies in jedem Falle der älteste; nur muss er den Regeln der Nomenklatur entsprechen und unterliegt ausserdem den in Art. 19 und 20 ausgesprochenen Bedingungen". Diese Auffassung von „valable" ist bereits in den „Propositions de changements . . . par un groupe de botanistes belges et suisses" (1903), pag. 40—41, ausgesprochen worden, und es ist uns nicht bekannt, dass auf dem Wiener Kongress dagegen Einsprache erhoben worden wäre. Die Aufnahme einer besonderen Bestimmung, die die Ausschliessung der totgeborenen Namen in den in Art. 56 genannten Fällen forderte, war daher überflüssig; immerhin wäre sie im Interesse einer grösseren Klarheit wünschenswert gewesen.

Wir gehen nunmehr zur Widerlegung der Einwände, die Dr. A. v. Hayek in seinem Artikel „Zur Frage der „totgeborenen Namen" (noms mort-nés) in der botanischen Nomenklatur" (Mitteil. d. Naturw. Ver. a. d. Univ. Wien VI [1908], 57—65)

---

[1]) Dieser Satz ist wohl cum grano salis zu verstehen. Wenn es für jede Gruppe nur einen gültigen Namen gibt, wie kann es denn einen „nächst ältesten gültigen" Namen geben, was doch in Art. 56 vorgesehen ist? Offenbar ist hinzuzudenken: ceteris paribus, d. h. wenn es sich um Artnamen handelt: in einer und derselben Gattung gibt es nur einen gültigen Namen. *Cochlearia Coronopus* L. und *Coronopus procumbens* Gilib. sind formell, d. h. vom Standpunkte der Nomenklaturregeln aus, beide gültig und gleichberechtigt; welchem Namen der Vorzug gegeben werden soll, ist eine systematische Frage, die mit den Nomenklaturregeln direkt nichts zu schaffen hat. Vergl. auch die von Briquet in seinem Antwortschreiben zitierten Beispiele, wo mehrere Namen für eine und dieselbe Pflanze als „valable" figurieren.



Digitized by Google

gegen das Prinzip der totgeborenen Namen erhoben hat, über, sofern dieselben nicht schon früher zur Sprache gekommen sind.

Hayek stellt die beiden folgenden Thesen auf:

1. Das Prinzip der totgeborenen Namen kompliziert die Durchführung der neuen Nomenklaturregeln in ganz überflüssiger Weise, bringt nur Unklarheit und Verwirrung und lässt überdies den persönlichen Ansichten Einzelner darüber, welche Namen als totgeboren anzusehen sind, einen ausserordentlich grossen Spielraum.

2. In den Nomenklaturregeln ist ein die totgeborenen Namen betreffender Passus nicht nur weder implicite noch explicite enthalten, sondern der Wiener Nomenklaturkongress 1905 hat die Anträge, welche die Unterdrückung dieser „noms mort-nés" fordern, direkt abgelehnt.

Ohne uns (aus den oben erwähnten Gründen) auf eine Diskussion über den Wert oder Unwert des Prinzips der totgeborenen Namen einzulassen, können wir doch nicht umhin, zu bekennen, dass wir den pessimistischen Anschauungen v. Hayeks betr. Komplikationen und Unklarheit in der Anwendung des Prinzips in keiner Weise beipflichten können. Wir kennen kaum einen Fall, wo über die „Gültigkeit" — in unserem Sinn — eines Namens ernstliche Zweifel herrschen können. Am ungünstigsten für uns liegt das von v. Hayek ausführlich diskutierte Beispiel von *Silene vulgaris* (Mönch) Garcke, weil einerseits der von uns als totgeboren erklärte Name *Cucubalus latifolius* Miller nicht „totgeboren" im Sinne unserer obgenannten Definition ist, und andererseits die Gültigkeit von *Behen vulgaris* Mönch nicht ohne weiteres klar ist. Dass *Cucubalus latifolius* Miller nach Art. 15 ein „ungültiger" Name ist, werden wir sogleich in anderm Zusammenhang ausführlich begründen. *Behen* Mönch ist, wie v. Hayek nachweist, ein ungültiger, sagen wir mit Hayek: totgeborener Gattungsname. Dass jedoch Artnamen, die in Verbindung mit ungültigen Gattungsnamen publiziert sind, deswegen ebenfalls ungültig sein müssen, wie v. Hayek annimmt, steht in den Wiener Regeln nirgends geschrieben und wäre zudem eine sehr unglückliche Bestimmung. Wir halten vielmehr dafür, dass die Berechtigung (bezw. Gültigkeit) eines spezifischen Epithetons unabhängig ist von der Berechtigung des Gattungsnamens, in Verbindung mit welchem es publiziert wurde. Zahlreiche neuere Floristen akzeptieren die Kombinationen *Lappula echinata* Gilib. (1781) und *Plantago ramosa* (Gilib. 1781 sub Psyllio) Ascherson; beide Namen müssten nach dem Hayek'schen Prinzip fallen, weil (nach Pfeiffer) die Gattung *Lappula* erst 1794 durch Mönch, *Psyllium* erst 1789 durch Jussieu (also beide Genera erst nach der Aufstellung der Gilibert'schen Namen) rechtsgültig publiziert worden ist. Was nun den Namen *Behen vulgaris* Mönch anbetrifft, so sind wir der Meinung, dass das spezifische Epitheton *(„vulgaris")* — gerade

Digitized by Google

wie bei *Lappula echinata* Gilib. und *Psyllium ramosum* Gilib. — voll und ganz den Regeln über die Bildung von Artnamen entspricht und folglich auch nach Art. 56 berechtigt ist, das in der Gattung Silene nach Art. 53 nicht anwendbare Epitheton „*Behen*" zu ersetzen. Nach dieser Anschauung ist — vergl. die ferneren von v. Hayek zitierten Beispiele — zu *Tunica* als Autor „M. K." oder allenfalls „(Scop.) M. K.", zu *T. saxifraga* jedoch „Scop." zu zitieren; *Centunculus rigidus* Scop. ist ein gültiger, zur Bildung einer neuen Kombination verwendbarer Name. Dagegen ist *Serapias latifolia* Miller totgeboren, wie auch Ascherson und Graebner annehmen; vergl. unsere näheren Ausführungen unten Seite 528. Dass in diesen und anderen Fällen das Ergebnis der nomenklatorischen Untersuchungen sehr von der subjektiven Auffassung des Einzelnen abhängig sei, wie Hayek (l. c. p. 61) angibt, können wir nicht finden; als subjektiv mag allenfalls unsere Auffassung von der eventuellen Gültigkeit eines Artnamens auch bei Ungültigkeit des betr. Gattungsnamens taxiert werden, doch sind wir der Meinung, dass die Wiener Regeln durch Stillschweigen über diesen Punkt ihre Zustimmung geben. Unsere Auffassung der Art. 2 u. 56 in der in Diskussion stehenden Frage haben wir bereits auseinandergesetzt; desgleichen haben wir (p. 505, Fussnote) nachgewiesen, dass es, was v. Hayek nahezu ausgeschlossen scheint, auch bei der Anerkennung des Prinzips der totgeborenen Namen mehrere „gültige" Namen, also auch einen „nächstältesten gültigen", geben kann. Die Bemerkung v. Hayeks: „Die „nächstältesten gültigen Namen" auf jene Ausnahmsfälle einzuschränken, in denen bei Übertragung einer Spezies in eine andere Gattung der ursprüngliche Speziesname aus nomenklatorischen Gründen geändert werden musste, scheint mir eine äusserst gezwungene Auslegung der betreffenden Regel zu sein", ist uns nicht recht verständlich. Unsere Auffassung des „nächstältesten gültigen Namens" beschränkt sich naturgemäss auf diejenigen Fälle, für die der Ausdruck in den Wiener Regeln ausschliesslich gebraucht wird, nämlich auf die in Art. 56 genannten, wo Namen, die aus irgend einem Grund unanwendbar sind, durch andere ersetzt werden müssen; selbstredend wenden wir unsere Auslegung auf die Namen irgend welcher hierarchischer Rangstufen (nicht nur auf die Speziesnamen) an und verlangen z. B., dass ein Gattungs- oder Sektionsname, der einen anderen ersetzen soll, den Regeln über die Gattungs- bezw. Sektionsnamen, sowie den Bestimmungen allgemeiner Natur entsprechen soll usw.

Wir gehen nunmehr zur Diskussion jener oben unter 2a genannten Fälle über, wo ein Autor eine neue Art aufzustellen geglaubt hat und diejenige Spezies, mit der seine Art heute

Digitized by Google

als synonym erkannt ist, noch besonders aufführt. In diese Kategorie gehören z. B.: *Arundo canescens* Weber, *Convallaria odorata* Miller, *Cucubalus latifolius* Miller. Rendle und Britten (Journ. of Bot. XLV [Dec. 1907], 433), sowie die Botaniker des k. k. Instituts der Universität Wien machen mit Recht darauf aufmerksam, dass solche Namen nicht „totgeboren" im Sinne unserer Definition sind, da bei ihrer Aufstellung keine Regel verletzt wurde, und halten sie daher — was wir nicht anerkennen können — nach Art. 56 für zur Bildung neuer Kombinationen geeignet. Solche Namen sind „ungültig" nach Art. 15, wo gesagt wird, dass es für jede Gruppe im Pflanzenreich — (ceteris paribus), vergl. Seite 505, Fussnote — nur einen gültigen Namen gebe, und zwar den ältesten. Wenn also Miller 1768 die gleiche Pflanze *(Cucubalus Behen* L. 1753 = *Silene vulgaris* [Mönch] Garcke, *S. Behen* Wirzén 1837 non L. 1753) unter drei verschiedenen Namen *(Cucubalus Behen, latifolius* und *angustifolius)* aufführt, so ist von diesen nur der älteste, nämlich *C. Behen* L. 1753, „gültig", die anderen dagegen ungültig und folglich nach Art. 56 nicht berechtigt, das bei der Übertragung von *Cucubalus Behen* in die Gattung *Silene* aus Gründen der Homonymie nicht beizubehaltende Epitheton „*Behen*" zu ersetzen. — Vergl. auch Seite 576.

Die Wiener Botaniker anerkennen in ihrem Antwortschreiben das Prinzip der totgeborenen Namen insofern, als sie auch der Ansicht sind, dass solche Namen nomenklatorisch nicht in Betracht kommen; sie beschränken jedoch den Begriff der „totgeborenen Namen" auf jene Fälle, wo der Autor bei der Aufstellung seines Namens nachweisbar bewusst einen älteren gültigen Namen ignorierte (= „*nomina superflua*", E. Janchen in litt., vergl. oben 2b). Es werden demnach vom Begriff der totgeborenen Namen ausgeschlossen die im vorigen Abschnitt genannten Fälle, ferner jene, wo diejenige Art, mit der die neu aufzustellende synonym ist, weder als Synonym noch vergleichsweise genannt ist, wo also eine willkürliche Namensänderung nicht nachzuweisen ist. Wir glauben, dass eine Scheidung in „bewusste" und „unbewusste" Namensänderungen weder gerechtfertigt noch durchführbar ist. Als Beispiel für eine „unbewusste Namensänderung" diene der Fall von *Silaus flavescens* Bernh. 1800 *(Peucedanum Silaus* L. 1753; *Seseli selinoides* Jacq. 1762; *Silaus selinoides* Beck 1884; vergl. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LI [1906], 493). Als Jacquin 1762 sein *Seseli selinoides* aufstellte, wusste er nichts von der Identität seiner Pflanze mit *Peucedanum Silaus* L. 1753 — sonst würde er diesen Namen als Synonym aufgeführt haben — und war daher nach der Meinung der Wiener Botaniker berechtigt, ein neues spe-

Digitized by Google

zifisches Epitheton *(„selinoides")* zu schaffen, das also den bei der Übertragung von *Peucedanum Silaus* L. in die Gattung *Silaus* nach Art. 56 erforderlichen „nächstältesten gültigen" Namen darstellen würde. Der formelle Nachweis, dass solche Namen gleichwohl „ungültig" sind, ist wohl nur mit Hülfe der bereits skizzierten und sicherlich zulässigen Auffassung des Begriffes „Name" in Art. 15 (Name = einzelner Name, nicht Namenkombination) möglich; dann gibt es für die fragliche Pflanze nur einen gültigen Artnamen, nämlich *„Silaus"*, der nur dann geändert werden darf, wenn eine der in Art. 51—55 genannten Bedingungen erfüllt ist, was jedoch bei der Aufstellung von *Seseli selinoides* Jacq. nicht der Fall war; der letztere Name ist also nach Art. 15 „ungültig". Abgesehen von dieser Überlegung vertreten wir die Meinung, dass nach dem juristischen Grundsatz: „Unkenntnis des Gesetzes schützt nicht vor Strafe" die Unkenntnis eines bereits zu Recht bestehenden Namens nicht vor dem Vorwurf schützt, unnötigerweise einen neuen Namen aufgestellt zu haben. Es würde ja auch eine Inkonsequenz darin liegen, dass solche aus Unkenntnis (oder in anderen Fällen aus Nachlässigkeit) irrig als „neu" aufgestellte Namen in jenen Ausnahmefällen, wo mit dem ältesten spezifischen Namen keine gültige Kombination zu erzielen ist, zur Geltung gelangten, während sie in allen übrigen Fällen als unnötige jüngere Synonyme mit Recht in der Synonymie verbleiben. Massgebend für die Entscheidung, ob ein Name mit Recht oder Unrecht aufgestellt worden ist, kann nach unserer Meinung nicht das bei der Aufstellung mitspielende psychologische Moment, das in den wenigsten Fällen mit Sicherheit zu rekonstruieren sein dürfte, sondern nur unsere heutige Auffassung über spezifische Verschiedenheit bezw. Indentität sein. Bei der Aufstellung von *Sedum mite* Gilib., *Scrophularia alata* Gilib., *Equisetum maximum* Lam. etc. glaubten die betreffenden Autoren einen Linné'schen Namen *(Sedum sexangulare* L., *Scrophularia aquatica* L., *Equisetum fluviatile* L.), den sie als Synonym aufführen, durch einen anderen zu ersetzen; gleichwohl werden diese Namen von vielen Autoren mit Recht als gültig anerkannt, weil, wie wir heute wissen, die Gilibert- bezw. Lamarck'schen Arten mit den entsprechenden Linné'schen nicht identisch sind; die Aufstellung neuer Namen war also, weil es sich um neue, noch nicht beschriebene Arten handelt, vollkommen gerechtfertigt, und falsche Synonyme vermögen ihrer Gültigkeit keinen Eintrag zu tun. Ein Beispiel dafür, zu welcher Unsicherheit und zu welch' absurden Konsequenzen es führen würde, wenn man nach dem Vorschlag der Wiener Botaniker das Zitieren bezw. Nichtaufführen des älteren Synonyms als Kriterium für die Gültigkeit eines Namens

Digitized by Google

betrachten wollte, bieten Garsaults „Figures des plantes“ (1764) und „Descriptions des plantes“ (1767). Dieser Autor führt nämlich zu seinen Pflanzennamen überhaupt keine Autoren und Zitate an; es ist also unmöglich, mit Sicherheit zu entscheiden, ob er bei der Aufstellung von *Nasturtium verrucarium* den älteren synonymen Linné'schen Namen *Cochlearia Coronopus* (1753) gekannt hat oder nicht. Nach der Auffassung der Wiener ist *Nasturtium verrucarium* ein gültiger Name, weil eine willkürliche Namensänderung nicht nachweisbar ist; nach der unserigen ist er ungültig. Diejenigen Autoren, die, wie Lamarck und Gilibert, so „ehrlich“ waren, den von ihnen beiseite gesetzten Namen zu nennen, werden also nach dem Prinzip der Wiener Botaniker dafür bestraft, indem ihre Namen — mit Recht — als ungültig erklärt werden; diejenigen dagegen, die, wie Garsault, Pflanzennamen aufstellten, ohne sich um die bereits bestehende Literatur zu kümmern, würden straflos ausgehen, das heisst ihre Namen würden, auch wenn sie willkürliche Umtaufungen infolge von Nachlässigkeit darstellen, unter Umständen als gültig akzeptiert. Zudem hat das Vorgehen der Wiener den Nachteil, dass jedesmal, um die relative „Gültigkeit“ eines solchen totgeborenen Namens festzustellen, die Originalstelle nachgeschlagen werden muss, was z. B. bei den seltenen Gilibert'schen Werken keine Kleinigkeit ist.

Dr. E. Janchen-Wien sucht (briefl.) die eben skizzierte Einschränkung des Begriffes „totgeboren“ im Sinne der Wiener Botaniker mit Hülfe der Interpretation von „gültig“ in Art. 56 im Sinne von „rechtsgütig publiziert“ zu rechtfertigen. Nach ihm ist zwischen „ungültigen“ und „totgeborenen“ Namen zu unterscheiden: „totgeboren“ wäre nur das, was nicht rechtsgültig publiziert ist, nämlich die „*nomina nuda*“ und die „*nomina superflua*“; bei den letzteren liegt in der Publikation selbst etwas regelwidriges, weil man aus den angeführten Synonymen ohne weitere systematische Recherchen ersehen kann, dass ein älterer gültiger Name ohne Grund beiseite gesetzt worden ist (nach dieser Auffassung wären also Namen wie *Equisetum maximum* Lam., *Sedum mite* und *Scrophularia alata* Gilib., *Hypericum acutum* Mönch etc. ungültig). Demgegenüber ist jedoch daran zu erinnern, dass die „nomina superflua“ nach den Artikeln der Sekt. 4, die von der Veröffentlichung der Namen handelt, vollkommen unanfechtbar sind; sie wären auch ohne eigene Diagnose schon regelrecht publiziert, da nach Art. 37 schon das aufgeführte Linné'sche Synonym eine Beschreibung ersetzt. Ungültig sind die „nomina superflua“ nur nach den Regeln der Sektion 7. Es wird also auch unserem Freund Janchen nichts anderes übrig bleiben, als entweder

Digitized by Google

„gültig" in Art. 56 mit uns im Sinne von „den Regeln in ihrer Gesamtheit entsprechend" zu verstehen, oder auf den Begriff der „totgeborenen Namen" in unserem Sinne völlig zu verzichten und diese Namen in den in Art. 51—55 vorgesehenen Fällen zur Bildung neuer Kombinationen zu verwenden.

Einer gesonderten Diskussion bedarf das Antwortschreiben von Dr. O. Stapf-Kew, dessen Auffassung der in Frage kommenden Artikel der Wiener Regeln von den bisher geschilderten erheblich abweicht, wenngleich seine Resultate mit den unsrigen in der grossen Mehrzahl der Fälle übereinstimmen. — Stapf will aus logischen Gründen keine totgeborenen Namen anerkennen, weil eine Regel nicht verletzt werden könne, bevor sie existiert (dieser Punkt ist für die Frage der aus dem Prinzip der totgeborenen Namen gezogenen Konsequenzen, um die es sich für uns in erster Linie oder ausschliesslich handelt, belanglos); auch macht er darauf aufmerksam, dass die totgeborenen Namen nicht ohne weiteres nach Art. 2 als ungültig erklärt werden können (vergl. oben Seite 504). „Gültig" in Art. 56 versteht Stapf gleich uns im Sinne von „den Regeln entsprechend", doch misst er dabei Art. 26 eine Bedeutung bei, die er nach unserer Meinung nicht haben kann. Stapf will nämlich als „gültig" nur solche Namen gelten lassen, bei denen die richtige Gattung getroffen ist. Art. 26 sagt allerdings: „Die Art .... wird bezeichnet mit dem Namen der Gattung, zu der sie gehört, und einem darauffolgenden, gewöhnlich adjektivischen spezifischen Namen"; doch kann der Ausdruck „zu der sie gehört" sicherlich nicht absolut verstanden werden — in zahlreichen Fällen werden sich die Botaniker über die Abgrenzung gewisser Genera und die Gattungszugehörigkeit mancher Arten nie einigen können, und dergleichen systematische Fragen dürfen sicherlich nicht mit den rein nomenklatorischen verquickt werden —, sondern nur relativ, d. h. der Artname wird kombiniert mit dem Namen derjenigen Gattung, zu der die betreffende Art nach der Meinung des betr. Autors gehört. Der Sinn des Art. 26 ist, wie aus dem Schlussatz („Es ergibt sich demnach als Bezeichnung für eine Art eine Kombination zweier Namen [Binom, binärer Name]") hervorgeht, sicherlich nur der, dass ein Artname unter allen Umständen ein Binom sein muss. — Stapf tadelt ferner den Ausdruck „nächstältester gültiger Name" in der deutschen Ausgabe von Art. 56; tatsächlich ist sowohl im französischen wie im englischen Text nur von dem „ältesten gültigen Namen" („le plus ancien nom valable"; „the oldest valid name") die Rede. Der deutsche Übersetzer meinte daher nach der Auffassung Stapfs wohl auch nichts anderes als den „ältesten gültigen Namen"; dies scheint sogar mit

Digitized by Google

Sicherheit aus der Anwendung von Art. 56 auf die in Art. 51 vorgesehenen Fälle hervorzugehen. In Art. 51 steht nämlich als Beispiel: „Der Name *Carelia* Adans. (ann. 1763) ist zu verwerfen, denn die gleiche Gattung hatte bereits vorher den gültigen Namen *Ageratum* L. (ann. 1753) erhalten". Der zu verwerfende Adanson'sche Name ist doch sicherlich durch den ältesten gültigen Namen (*Ageratum* L. 1753) zu ersetzen, nicht aber durch einen allfälligen „nächstältesten", d. h. nach 1763 publizierten. Indessen scheinen uns in der Frage der totgeborenen Namen die Ausdrücke „ältest" und „nächstältest" so ziemlich gleichbedeutend. [Ebenso sei nur im Vorbeigehen erwähnt, dass wir uns der Auffassung Stapfs, der Ausdruck „Name" in Art. 56 sei, wenn es sich um Arten handelt, im Sinne von „Namenkombination" und nicht von „spezifisches Epitheton" zu verstehen, nicht anschliessen können. In Art. 56 muss naturgemäss, weil es sich um Namen verschiedenster Rangstufen (Ordnungs-, Familien-, Gattungs-, Untergattungs-, Artnamen etc.) handelt, der neutrale Ausdruck „Name" stehen; dass es sich jedoch in den das Prinzip der totgeborenen Namen betreffenden Fällen um die spezifischen Epitheta, die durch das [nächst]älteste gültige spezifische Epitheton ersetzt werden müssen, handelt, geht aus dem Wortlaut der Art. 53 („Wird eine Art von einer Gattung in eine andere übertragen, so muss ihr spezifisches Epitheton durch ein anderes ersetzt werden, wenn ....") und 55 („Artnamen [spezifische Epitheta] sind ausserdem noch in folgenden besonderen Fällen zu verwerfen: ....") mit aller Deutlichkeit hervor.] — Nach Stapfs Auffassung wäre die Lösung der beiden von uns als Beispiel aufgeführten Nomenklaturprobleme folgende: *Cochlearia Coronopus* L. kann, in die Gattung *Coronopus* übertragen, den spezifischen Namen nicht beibehalten; derselbe ist vielmehr durch die älteste gültige Namenkombination zu ersetzen, und dies ist *Coronopus procumbens* Gilib. (*Nasturtium verrucarium* Garsault wäre schon deswegen kein „gültiger" Name, weil die Gattung unrichtig ist.) In ähnlicher Weise wäre im Falle der Übertragung von *Cucubalus Behen* L. in die Gattung *Silene* die Kombination *Silene Cucubalus* Wibel 1799 (also der älteste Name in der richtigen Gattung) der von Art. 56 geforderte „[nächst]älteste gültige Name". Im Falle des *Coronopus procumbens,* sowie in der Mehrzahl der von uns in unserem Rundschreiben namhaft gemachten Fälle kommt also Stapf zu den gleichen Resultaten wie wir; in der Frage des *Cucubalus Behen* jedoch vertreten wir die Auffassung, dass das spezifische Epitheton „*vulgaris*" in der Kombination *Behen vulgaris* Mönch 1794 völlig den Regeln entspricht, und dass folglich die Kombination *Silene vulgaris* (Mönch) Garcke 1869 zu Recht bestehen bleibt.

Digitized by Google

Nachdem wir, wie wir hoffen, alle gegen das Prinzip der totgeborenen Namen erhobenen Einwände widerlegt haben, geben wir zum Schluss, um die Tragweite der Frage zu illustrieren, nochmals eine Zusammenstellung der uns bekannt gewordenen, von der Stellungnahme des Einzelnen zu dem Prinzip abhängigen Benennungen mitteleuropäischer Pflanzen[1]); bei der nicht unbeträchtlichen Anzahl derselben wird sich der Brüsseler Kongress von 1910 notwendig mit der Frage der „noms mort-nés" zu befassen haben, und wir glauben nach den Resultaten unserer Enquete hoffen zu dürfen, dass sich die Majorität der Botaniker für unsere Auffassung erklären wird. — Die Definition der „totgeborenen Namen" wird unter Berücksichtigung der auf Seite 508 angeführten Umstände folgendermassen zu lauten haben:

Als „totgeboren" sind zu bezeichnen diejenigen Namen, deren Aufstellung den Nomenklaturregeln (speziell den Art. 15, 48 und 50 der Wiener Regeln) nicht entspricht, die daher nach Art. 15 nicht als „gültig" zu betrachten sind und folglich in den in Art. 56 vorgesehenen Fällen nicht zur Bildung neuer Kombinationen herangezogen werden dürfen.

| a) Nach unserer Auffassung des Art. 56 gültige Namen: | b) Auf totgeborene Namen begründete Kombinationen: |
|---|---|
| *Dryopteris Linnœana* C. Christensen | *Dr. pulchella* (Salisb.) Hayek 1908 |
| *Calamagrostis lanceolata* Roth | *C. canescens* (Weber) Gmelin |
| *Phragmites communis* Trin. | *Phr. vulgaris* (Lam.) Druce |
| *Eriophorum latifolium* Hoppe | *E. paniculatum* (Lam.) Druce[2]) |
| *Eleocharis pygmœa* Torrey | *E. parvula* (R. et Sch.) W. J. Hooker |
| *Mariscus Cladium* (Sw.) O. Kuntze | *M. jamaicensis* (Crantz) Janchen |
| *Polygonatum officinale* All. | *P. angulosum* (Lam.) Druce[3]) |
| *Viscaria vulgaris* Röhling | *V. viscosa* (Scop.) Ascherson |
| *Vaccaria pyramidata* Medikus | *V. segetalis* (Necker) Garcke[4]) |
| *Silene vulgaris* (Mönch) Garcke | *S. latifolia* (Miller) Rendle u. Britten[5]) |
| *Coronopus procumbens* Gilib. | *C. verrucarius* (Garsault) Muschler u. Thellung |

[1]) Gegenüber der Liste in unserem Zirkular haben die folgenden Änderungen stattgefunden: Die Kombinationen *Anthriscus Scandix* (Scop.) (mit dem Autornamen Ascherson 1864), sowie *Stachys danicus* (Miller) sind nicht, wie wir fälschlich annahmen, auf totgeborene Namen begründet und bleiben daher zu Recht bestehen. Neu hinzugekommen sind die Beispiele von *Mariscus* und *Vaccaria*.

[2]) Vergl. Schinz u. Thellung in Bull. Herb. Boiss. 1907, 563/4.

[3]) Vergl. Rendle u. Britten in Journ. of Bot. (1908), 129.

[4]) Garcke hat selbst später diese seine Kombination zugunsten derjenigen von Medikus zurückgezogen.

[5]) Für diejenigen Autoren, die *Silene latifolia* wegen verwirrender Homonyme nicht anwenden wollen, kommt auch *S. angustifolia* (Miller 1768 sub *Cucubalo*) Guss. Fl. Sic. Prodr. I (1827), 500 [non Poiret nec M. Bieb. nec Dietr.] oder *S. venosa* (Gilib.) Ascherson in Frage.

Digitized by Google

| a) Nach unserer Auffassung des Art. 56 gültige Namen: | b) Auf totgeborene Namen begründete Kombinationen: |
|---|---|
| *Alliaria officinalis* Andrz. | *A. alliacea* (Salisb.) Rendle u. Britten |
| *Erucastrum obtusangulum* (Schleicher) Rchb. | *E. silvestre* (Lam. sub Eruca) |
| *Barbaræa vulgaris* R. Br. | *B. lyrata* (Gilib.) Ascherson |
| *Amelanchier ovalis* Medikus | *A. rotundifolia* (Lam.) Dumont-Courset |
| *Radiola linoides* Roth | *R. multiflora* (Lam.) Ascherson |
| *Petroselinum hortense* Hoffm. | *P. vulgare* (Lam.) Fritsch |
| *Falcaria vulgaris* Bernh. | *F. sioides* (Wibel) Ascherson |
| *Silaus flavescens* Bernh. | *S. selinoides* (Jacq.) G. Beck |
| *Levisticum officinale* Koch | *L. paludapifolium* (Lam.) Rchb. |
| *Succisa pratensis* Mönch | *S. præmorsa* (Gilib.) Ascherson |
| *Lagenaria vulgaris* Ser. | *L. leucantha* (Duchesne) Rusby |
| *Pulicaria vulgaris* Gärtner | *P. prostrata* (Gilib.) Ascherson |
| *Crupina vulgaris* Cass. | *Cr. acuta* (Lam.) Fritsch |
| *Taraxacum officinale* Weber | *T. vulgare* (Lam.) Schrank |

Nachdem wir unsere Auffassung der totgeborenen Namen im Vorstehenden nochmals ausführlich dargelegt haben, gehen wir nunmehr zur Begründung der im Hinblick auf die zweite Auflage der „Flora der Schweiz" von Schinz u. Keller notwendigen und in unseren früheren bezüglichen Publikationen noch nicht berücksichtigten oder von anderer Seite bestrittenen Namensänderungen über, um dann anhangsweise auch auf eine Reihe noch heute zwischen Rendle und Britten wie Claridge Druce einerseits und uns anderseits bestehender Differenzen einzutreten, soweit wir dies nicht schon in unseren Ausführungen im Bulletin de l'Herbier Boissier (1907) oder in der sich hier unmittelbar anschliessenden Zusammenstellung getan haben.

## b) Neue Namensänderungen:

*Cystopteris fragilis* (L.) Bernh. ssp. **fragilis** Milde Die höhern Sporenpfl. Deutschlands und der Schweiz (1865), 67.

*C. fragilis* Milde A. *C. eufragilis* A. et G. Syn. I (1896), 15; Schinz und Keller, Flora der Schweiz, ed. 2 (1905), 4 und Flore de la Suisse (1909), 4.

*Dryopteris spinulosa* (Müller) O. Kuntze ssp. **spinulosa** (Sw.) Schinz et Thellung comb. nov.

*Aspidium spinulosum* Sw. ssp. *spinulosum* Milde Höhere Sporenpfl. Deutschl. und der Schweiz (1865), 53.

*Aspidium spinulosum* (Lam.) Sw. [ssp.] A. *A. euspinulosum* Ascherson Syn. I (1896), 32; Schinz und Keller Flora der Schweiz, ed 2 (1905), 5.

Digitized by Google

*Dryopteris spinulosa* (Müller) O. Kuntze ssp. *euspinulosa* (Ascherson) Schinz et Thellung in Schinz et Keller Flore de la Suisse (1909), 6.

In den beiden obigen Fällen haben sowohl Ascherson und Gräbner wie Schinz und Keller die ältern, von Milde gebildeten Kombinationen übersehen; wir selbst sind durch Briquet auf dieselben aufmerksam gemacht worden.

***Dryopteris Oreopteris*** (Ehrh.) Maxon in Proc. U. S. Nat. Mus. XXIII (1901), 638.

*Polypodium montanum* Vogler Diss. inaug. de Polyp. mont. (1781) — non Lam. (1778).

*Aspidium montanum* Ascherson Fl. Brandenb. [III (1859), 133, nomen nudum] I, 922 (1864).

*Dryopteris montana* O. Kuntze Revis. gen. pl. I (1891), 810.

*Polypodium Oreopteris* Ehrh. (in Willd. Prodr. fl. Berol. [1787], 292, in syn. ad *P. montanum* Vogler) Beitr. IV (1789), 44.

*Aspidium Oreopteris* Sw. in Schraders Journ. 1800, II (1801), 35.

*Polypodium montanum* Vogler (1781) ist ein totgeborener Name, als Homonym zu dem damals als gültig zu betrachtenden *P. montanum* Lam. (1778). Letzterer Name bezeichnet allerdings eine *Cystopteris*-Art (*C. montana* Link); da jedoch diese Gattung erst 1806 von Bernhardi aufgestellt wurde, so war *C. montana* Lam. zur Zeit der Publikation der Vogler'schen Art durchaus kein gegenstandsloses Homonym; die Aufstellung eines von dem Lamarck'schen verschiedenen *P. montanum* war erst von 1806 an zulässig. Inzwischen aber hatte Ehrhart (1789) in rechtsgültiger Weise sein *P. Oreopteris* aufgestellt, welch' letzteres spezifische Epitheton z. B. auch von C. Christensen (Ind. fil. V [1905], 281) in der Kombination *Dryopteris Oreopteris* als gültig verwendet wird.

*Athyrium alpestre* (Hoppe). Vergl. Bull. Herb. Boiss. (1907), 566.

Als Autor dieser Kombination kann, wie Rendle und Britten (Journ. of Bot. XLV [Dec. 1907], 445) aufmerksam machen, nicht „Rylands in Moore Ferns Gr. Brit. and Irl. (1857), t. VII" zitiert werden, da Moore diesen Namen lediglich als Synonym aufführt. Als gültig figuriert diese Kombination wohl zum erstenmal bei Milde, Fil. Europ. (1867), 53, und zwar mit dem Autornamen **„Nylander** teste Moore".

***Equisetum majus*** Garsault Fig. pl. II (1764), t. 258 A; Descr. pl. (1767), 166.

*Equisetum maximum* Lam. Fl. franç. I (1778), 7.

*Equisetum Telmateja* Ehrh. in Hannov. Mag. 18. Stück (1783), 287.

Digitized by Google

*Pinus Picea* L. Spec. Plant. ed. 1 (1753), 1001.
*Abies alba* Miller Gard. Dict. ed. 8 (1768), No. 1.
*Pinus Abies* Du Roi Obs. bot. (1771), 39 non L.
*Pinus pectinata* Lam. Fl. franç. II (1778), 202.
*Abies pectinata* Lam. et DC. Fl. franç. III (1805), 276, — non Gilib., — non Poiret.
*Abies Picea* Bluff et Fingerh. Comp. fl. germ. ed. 1, II (1825), 591, non Miller.
*Abies excelsa* Link in Abhandl. Acad. Berl. (1827), 182.

*Pinus Abies* L. Spec. Plant. ed. 1 (1753), 1002.
*Abies Picea* Miller Gard. Dict. ed. 8 (1768), No. 3 — non Bluff et Fingerh.
*Pinus Picea* Du Roi Obs. bot. (1771), 37 — non L.
*Pinus excelsa* Lam. Fl. franç. II (1778), 202.
*Picea vulgaris* Link in Abhandl. Akad. Berl. (1827), 180.
*Picea excelsa* Link in Linnaea (1841), 577.
*Picea Abies* Karsten Deutsche Fl. (1880—1883), 325.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass, hinsichtlich der Benennung der Weisstanne und der Fichte, ein strenges Festhalten am Grundsatze der Priorität[1]) eine Quelle unausgesetzter Verwechslungen sein würde und es bedarf daher wohl keiner weitern Rechtfertigung, wenn wir uns mit Ascherson, Gräbner und Hayek für die Fichte der Bezeichnung ***Picea excelsa*** (Lam.) Link, für die Weisstanne der Bezeichnung ***Abies alba*** Miller, die beide jede Verwechslung ausschliessen, bedienen.

*Potamogeton Zizii* Mertens u. Koch in Röhlings Deutschl. Flora I (1823), 845.

Rendle und Britten (Journ. of Bot. [1907], 441) machen mit Recht darauf aufmerksam, dass die Kombination *P. Zizii* nicht anwendbar ist, da Art. 37 der Wiener Regeln den Anspruch auf gültige Veröffentlichung auf Grund der blossen Anführung in der Synonymie ausschliesst. An Stelle von *P. Zizii* Mert. u. Koch hat daher die Kombination ***P. angustifolius*** Bercht. u. Presl Rostlin. (1823), 19 zu treten, wodurch wir uns dann in Übereinstimmung mit Rendle und Britten sowohl wie mit G. Claridge Druce befinden.

***Alisma gramineum*** Gmelin Fl. Bad. Als. IV (1826), 256 („*graminea*").
*Alisma graminifolium* Ehrh. ex Steudel Nom. I (1821), 26 (pro syn., sine descr.).

[1]) Wir beschränken uns auf die für die vorwürfige Frage in Betracht kommenden Synonyme und übergehen die übrigen, um nicht die Liste unnötigerweise zu vergrössern.

Digitized by Google

*Alisma angustifolium* J. Sv. Presl in Opiz Böheims Gew. (1823), 48 (nomen nudum testibus K. Domin et E. Janchen in litt.).
*Alisma Lœselii* Gorski in Eichwald Skizze Lith. (1830), 127.
*Alisma longifolium* J. Sv. Presl in Sommers Königr. Böhm. XV (1847), XLVI.
*Alisma arcuatum* Michalet in Bull. Soc. bot. France I (1854), 312.

***Panicum humifusum*** (Rich.) Kunth Rév. Gram. I (1829), 33.
*Panicum lineare* Krocker Fl. Siles. I (1787), 95; A. et G. Syn. d. mitteleur. Fl. II, 66 (1898) — non Burm. f. nec L.
*Digitaria linearis* Crépin Man. ed. 2 (1866), 335; Rostaf. in Verh. Zool.-Bot. Ges. Wien XXII (1872), 99 — [non Pers.].
*Syntherisma linearis* Nash in Bull. Torrey Bot. Club XXII (1895), 420.
? *Syntherisma serotina* Walter Fl. Carol. (1788), 76 (sec. Britton and Brown Jll. Fl. North. U. S. I [1896], 111) — non *Panicum serotinum* Trin.
?? *Paspalum dactylon* Lam. Ill. I (1791), 176 n. 937 excl. syn. L. (sec. Lam. et DC. Fl. franç. ed. 3, III [1805], 16 et Rœmer et Schultes Syst. II [1817], 471).
*Digitaria filiformis* Kœler Descr. Gram. (1802), 26 ex p. (excl. syn.) — [non Mühlenb.].
*Panicum filiforme* Garcke Fl. N.- u. M.-Deutschl. ed. 3 (1854), 369 — non L. (1753).
*Paspalum ambiguum* Lam. et DC. Fl. franç. ed. 3, III (1805), 16 — [non *Panicum ambiguum* Trin.].
*Panicum sanguinale* β *P. ambiguum* Lapeyr. Hist. abr. pl. Pyrén. (1813), 31.[1])
*Digitaria humifusa* Rich. in Pers. Encheir. I (1805), 85.
*Syntherisma glabrum* Schrader Fl. Germ. I (1806), 165, t. 3, f. 7.
*Panicum glabrum* Gaudin Agrost. Helv. I (1811), 22.
*Digitaria glabra* [Pal. Agrost. (1812), 51 et 160 (nomen nudum!)] Rœmer et Schultes Syst. II (1817), 471.
*Panicum arenarium* M. Bieb. Fl. Taur.-Cauc. I (1808), 52.
*Panicum Ischœmum* Schreber in Schweigger et Körte Fl. Erlang. I (1811), 16.

Der Name *Panicum lineare* Krocker kann — unbekümmert darum, ob *P. lineare* L. Spec. pl. ed. 2, I (1762), 85 (= *Digitaria linearis* Pers. Encheir. I (1805), 85 — non Crépin) eine eigene Art ist oder

[1]) Der Index Kewensis zitiert fälschlich: „*Panicum ambiguum* Lapeyr." l. c., während Lapeyrouse in Wirklichkeit die Pflanze als Varietät von *P. sanguinale* L. auffasst.

Digitized by Google

nicht — für unsere Pflanze auf keinen Fall beibehalten werden, da Krocker gar keine neue Art aufstellt, sondern als Autor Burmann f. Fl. Ind. (1768), 25 t. 10, f. 3 (nicht 2, wie Burmann selbst schreibt!) zitiert; Burmann seinerseits gibt an: „*Panicum (lineare) spicis digitatis* . . . . . Linn. Sp. 85". Krocker hat also den bereits bestehenden Linné-Burmann'schen Namen in einem von dem ursprünglichen gänzlich verschiedenen Sinne verwendet. [Beiläufig bemerkt ist *P. lineare* Burm. nach dem Ind. Kew. = *Paspalum brevifolium* Flügge 1810 (= *Pasp. longiflorum* Retz. 1786 non alior.), nach Hooker f. Fl. Brit. Ind. VII (1897), 289 jedoch = *Cynodon Dactylon* (L.) Pers.]. Das von Walter 1788 (nach Britton u. Brown) für unsere Art aufgestellte Epitheton „*serotina*"[1]) ist in der Gattung *Panicum* nicht anwendbar, da *Panicum serotinum* Trin. Gram. Panic. (1826), 166 (*Digitaria serotina* Michx. Fl. Bor. Am. I [1803], 46; *Paspalum serotinum* Flügge Gram. Monog. [1810], 45), obwohl Michaux *Syntherisma serotina* Walter als Synonym zitiert, eine von der unsrigen abweichende, durch „foliis vaginisque molliter villosissimis" (Michx.) charakterisierte Art bezeichnet, die z. B. auch von Döll (in Martius Fl. Brasil. II, 2, Panic. [1877], 134) und Scribner (Grasses of U. S. [1883], 12) als eigene Spezies anerkannt wird. Die Zugehörigkeit von *Paspalum dactylon* Lam. (1791) zu *Panicum humifusum* ist sehr fraglich, da die äusserst dürftige Beschreibung „P. spicis subdigitatis linearibus patentibus, floribus solitariis, culmis repentibus" sich mindestens ebensogut auf *Cynodon Dactylon* (L.) Pers. beziehen kann, wie ja auch *Panicum dactylon* L. als Synonym dazu aufgeführt wird. *Panicum filiforme* Garcke 1854 (begründet auf *Digitaria filiformis* Kœler 1802) ist hinfällig wegen der Existenz eines älteren gültigen Homonyms von Linné (1753). Die nächstältesten in Frage kommenden Namen sind *Paspalum ambiguum* Lam. et DC. und *Digitaria humifusa* Rich. in Pers., beide 1805 publiziert; mit dem ersteren lässt sich in der Gattung *Panicum* keine gültige Kombination bilden wegen der Existenz eines zu Recht bestehenden Homonyms (*P. ambiguum* Trin. in Mém. Acad. Pétersb., sér. 6, III, 2 (1835), 243; trop. Asien, malayische und pazifische Inseln). Der älteste gültige Name, mit dem sich in der Gattung *Panicum* eine den Regeln entsprechende Kombination bilden lässt, ist daher offenbar *Digitaria humifusa* Rich., und wir halten demgemäss die Kombination ***Panicum humifusum*** (Rich.) Kunth für die gültige Bezeichnung für unsere Art. Man

[1]) Übrigens ist die Zugehörigkeit von *Syntherisma serotina* Walter zu unserer Art sehr fraglich, da die Originaldiagnose („foliis collo et fauce villosis") sehr schlecht zu dem durch fast völlig kahle (nur an der Scheidenmündung etwas bewimperte) Laubblätter ausgezeichneten *P. humifusum (glabrum)* passt.

Digitized by Google

könnte vielleicht für einen Moment der Ansicht sein, *Digitaria humifusa* Rich. (1805) sei ein totgeborener Name, weil synonym mit *D. filiformis* Kœler; doch kann der letztere Name wohl nicht ernstlich als gültige Bezeichnung für die europäische Pflanze in Anspruch genommen werden, da er nach Massgabe des zitierten Synonyms auch das amerikanische *P. filiforme* L. einbegreift und bei einer Aufteilung nach Art. 47 für diese letztere Art, die doch zuerst unterschieden und beschrieben wurde, reserviert werden muss, wie denn auch Mühlenbeck 1817 *Digitaria filiformis* im Sinne von *P. filiforme* L. aufgestellt hat.

***Setaria panicea*** (L.) Schinz et Thellung comb. nov.

*Cynosurus paniceus* L. Spec. pl. (1753), 73 ex syn. Hort. Cliff et Bauh. et sec. Duval-Jouve in Bull. Soc. bot. France XIII (1866), 112 not. et 117/8; L. Fl. Suec. ed. 2 (1755), 30 excl. loc., Syst. ed. 10, II (1759), 873; Gouan Hort. Monspel. (1762), 48 et Fl. Monspel. (1765), 126 ex syn. — non L. herb., qui = *Polypogon monspeliensis* (L.) Desf.[1]) sec. Munro ex Duval-Jouve l. c. 118.

*Panicum verticillatum* L. Spec. pl. ed. 2, I (1762), 82.

*Setaria verticillata* Rœmer et Schultes Syst. veg. II (1817), 488 (cf. Pal. Agrost. [1812], 51).

*Cynosurus paniceus* L. (1753) ist eine das spätere *Panicum viride* L. (1759) und *P. verticillatum* L. (1762) umfassende Sammelart; auf das erstere weisen die Zitate aus der Flora Suecica und vielleicht auch aus dem Viridarium Cliffortianum, auf das letztere die Synonyme des

[1]) Oder vielleicht genauer: *P. maritimus* Willd. (1801), welche Art übrigens den Namen *P. paniceus* (L.) Lag. Gen. et spec. nov. (1815), 3! (saltem quoad syn. Linn.) zu führen hat, begründet auf *Alopecurus paniceus* L. Spec. pl. ed. 2, I (1762), 90; Gouan Fl. Monspel. (1765), 69 (ex descr. et loc.!!). Diese letztere Art wird von den meisten Autoren (so auch von Ascherson und Gräbner Syn. II, 161 [1899]) irrig als Synonym von *P. monspeliensis* betrachtet; doch spricht nicht nur die von Linné (l. c.) gegebene Differentialdiagnose durchaus für *P. maritimus*, sondern auch Linnés Herbarexemplar gehört nach Munro (Duval-Jouve l. c. 117) zu dieser Art. Auch Gouan hat *Al. paniceus* L. im Sinne von *P. maritimus* aufgefasst, wie aus der Beschreibung und auch aus der zitierten Lokalität „in pratulis gramuntianis cum gratiola etc." hervorgeht; denn in der „mare de Grammont" kommt noch heute *P. maritimus* bestandbildend mit *Gratiola* vor, was auffallenderweise den Autoren der Flora von Montpellier, Loret und Barrandon, entgangen ist. — Linné hat offenbar später seinen *Cynosurus paniceus* mit *Alopecurus paniceus* (Spec. pl. ed. 2, I [1762], 90) vermengt und verwechselt — zitiert er doch den ersteren irrig als Synonym zu dem letzteren —; daher der mit der ersten Fassung des *Cyn. paniceus* nicht übereinstimmende Befund in seinem Herbar. Dass *Cyn. paniceus* auf das jetzt in Linnés Herbar unter dem Namen *Alop. paniceus* liegende Exemplar begründet worden wäre, scheint ausgeschlossen; denn Linné würde einen ihm in concreto vorliegenden *Polypogon* sicherlich nicht zu *Cynosurus* gestellt haben. Vergl. auch Richter, Cod. Linn. (1840), n. 475, 519.

Digitized by Google

Hortus Cliffortianus und von Bauhin. 1759 trennt Linné (Syst. ed. 10, II, 870) *Panicum viride* als Art ab, wodurch *Cynosurus paniceus* indirekt im Sinne des erst 1762 aufgestellten *Pan. verticillatum* präzisiert wird; also muss die Kombination *Panicum paniceum* bezw. ***Setaria panicea*** für diese letztgenannte Art gebildet werden. Vergl. auch Richter, Codex Linnæanus (1840), n. 475, 519.

***Phragmites*** Trin. Fund. Agrost. (1820), 134 — (non Adanson; cf. Bull. Herb. Boiss. 1907, 396). — Vergl. Nachtrag.

*Arundo* L. Spec. pl. (1753), 81 ex minima p., Gen. pl. ed. 5 (1754), 35 ex p.; Pal. Agrost. (1812), 60 — non L. l. c. ex majore p.

Linnés Genus *Arundo* enthält 1753 sechs Arten, von denen die drei ersten je einer Gattung entsprechen: *A. Bambos* L. = genus *Bambusa* (heute zirka 50 Arten bekannt), *A. Donax* L. = genus *Donax* (6 Arten), *A. phragmites* L. = genus *Phragmites* (3 Arten); die drei letzten Arten *A. epigejos, A. Calamagrostis* und *A. arenaria* gehören zu *Calamagrostis* (zirka 140 Arten). Daraus ergibt sich, dass nach Art. 45 der Wiener Regeln der Name *Arundo* weder für *Donax*, noch für *Phragmites*, wie dies bei manchen rezenten Autoren geschieht, beibehalten werden kann, sondern nur entweder für *Bambusa* oder für *Calamagrostis*, je nachdem man die Tatsache, dass *A. Bambos* die an erster Stelle stehende Art ist, oder die überwiegende Artenzahl von *Calamagrostis* als ausschlaggebend betrachtet. Wir möchten empfehlen, den Gattungsnamen *Arundo* — sofern man ihn nicht überhaupt als zu sehr heterogene Bestandteile umfassend und wegen bisheriger regelwidriger Verwendung zu steten Konfusionen Anlass gebend, nach Art. 51, 4 ganz fallen zu lassen vorzieht — eher für *Bambusa* als für *Calamagrostis* zu verwenden, weil die Zahl der umzutaufenden Arten alsdann bedeutend geringer ist. Dieses allem Herkommen zuwiderlaufende Resultat zeigt aufs neue, wie verhängnisvoll der in seiner Eigenschaft als Regel mit rückwirkender Kraft verfehlte Art. 45 — als Empfehlung wäre die betreffende Bestimmung vortrefflich am Platze — unter Umständen werden kann, und wie viel vorteilhafter und auch der historischen Gerechtigkeit besser entsprechend es gewesen wäre, das Vorgehen desjenigen Autors, der zuerst die Aufteilung vorgenommen hat, als massgebend und für die Zukunft verbindlich zu erklären.[1]) Nach der Abtrennung von *Calama-*

[1]) Es sind manchmal wahre Advokatenkniffe notwendig, um gegenüber den fatalen Konsequenzen des Art. 45 die hergebrachte Bedeutung gewisser Gattungsnamen zu retten, z. B.:

*Myagrum.* Bei Linné (Spec. pl. [1753], 640) stehen an erster Stelle die vier *Rapistrum*-Arten (*M. perenne, orientale, rugosum* und ***hispanicum***), erst als

Digitized by Google

*grostis* (durch Adanson 1763), *Bambusa* (durch Schreber 1789) und *Donax* (durch Palisot de Beauvois 1812) behielte das restringierte genus *Arundo* dann die Bedeutung von *Phragmites* Trin. (1820).

***Phragmites communis*** Trin. Fund. Agrost. (1820), 135.

*Arundo phragmites* L. Spec. pl. (1753), 81; A. et G. Syn. d. mitteleur. Fl. II, 329 (1900); Schinz et Thellung in Bull. Herb. Boiss. (1907), 396. — Vergl. Nachtrag.

***Melica nutans*** L. Spec. pl. (1753), 66 ex p.; Gouan Hort. Monspel. (1762), 43 („floribus pendulis") et auct. plur.; Druce List Brit. Pl. (1908), 82 — non Hudson Fl. Angl. ed. 2 (1778), 37 nec Rendle & Britten, quae = *M. uniflora* Retz. (1779).

*Melica montana* Hudson Fl. Angl. ed. 2 (1778), 37.

Vergl. Bull. Herb. Boiss. 1907, 397. *M. nutans* L. ist eine Sammelart, die ausser der im kontinentalen Europa allgemein unter diesem Namen verstandenen Pflanze auch noch *M. uniflora* Retz. umfasst.

---

5. Spezies figuriert das als Typus der heutigen — monotypischen — Gattung *Myagrum* betrachtete *M. perfoliatum*. Dagegen wird in den Genera plantarum ed. 5 (1754), 289 „Tournef. 99" als Autor zu *Myagrum* zitiert und ausdrücklich hervorgehoben, dass Linné auch noch Tournefort'sche „*Alyssum*"- [d. h. *Camelina*-] Arten in sein Kollektivgenus *Myagrum* aufgenommen hat. Der ursprüngliche Bestandteil von *Myagrum* L. ist also offenbar *Myagrum* Tourn., d. h. *Myagrum* auct. rec.

*Erysimum*. Die Gattung enthält bei Linné (Spec. pl. [1753], 660—1) vier Arten, von denen die erste zu *Sisymbrium*, die zweite zu *Barbaraea*, die dritte zu *Alliaria* und erst die vierte zu *Erysimum* auct. rec. gehört. In Spec. pl. ed. 2, II (1763), 922—3, bleiben die drei ersten Arten unverändert; dagegen kommen zwei weitere zu *Erysimum* auct. rec. gehörige Arten hinzu, so dass dank der überwiegenden Artenzahl die Beibehaltung von *Erysimum* auct. rec. sich rechtfertigen lässt.

*Cheiranthus* umfasst bei Linné (Spec. pl. [1753], 661—6) neun Arten, deren erste zu *Erysimum*, die zweite zu *Cheiranthus* auct. rec., die dritte, siebente und achte zu *Malcomia*, die vierte, fünfte, sechste und neunte zu *Matthiola* gehören. In Spec. pl. ed. 2, II (1763), 924—6, kommen je zwei weitere *Malcomia*- und *Matthiola*-Arten hinzu. Um *Cheiranthus* auct. rec. zu retten, muss man die Tatsache, dass die erste Art, weil zu *Erysimum* L. (1753/4) gehörig, nicht in Betracht kommt, und dass sogleich an zweiter Stelle *Ch. Cheiri* folgt, als massgebend betrachten.

*Cnicus*. An erster Stelle steht bei Linné (Spec. pl. [1753], 826) die Art *Cn. benedictus*, auf welche von den späteren Autoren der Gattungsname beschränkt worden ist; es folgen weiter zwei *Cirsium*-Arten und je eine *Serratula-(Rhaponticum-)* und *Carduus- (Alfredia-)* Art. Man ist also genötigt, die an erster Stelle stehende Art als den Typus der Gattung zu betrachten, obwohl in den Genera plantarum ed. 5 (1754), 358 sich kein Anhaltspunkt dafür findet, und obwohl Linné selbst später (Spec. pl. ed. 2, II [1763], 1296) die Art als *Centaurea benedicta* aufführte.

Wie man sieht, ist in den vorstehenden Argumentationen an Inkonsequenzen kein Mangel; das eine Mal muss L. Spec. pl. ed. 1 gegenüber ed. 2, das andere Mal umgekehrt Spec. pl. ed. 2 gegenüber ed. 1 der Vorzug gegeben werden; bald ist die an erster Stelle stehende Art, bald die dominierende Artenzahl massgebend usw. Man wird uns jedoch diese Inkonsequenzen mit Rücksicht auf den verfolgten Zweck, folgenschwere Umwälzungen in der Nomenklatur der in Frage stehenden Genera zu verhindern, sicherlich nicht verübeln.



Digitized by Google

Hudson hat 1778[1]) als erster die spezifische Trennung dieser beiden Arten vorgenommen; den Linné'schen Namen präzisierte er im Sinne der *M. uniflora* Retz. und schuf gleichzeitig für *M. nutans* auct. den neuen Namen *M. montana*. Gleichwohl ist das Vorgehen Hudsons nicht unbedingt verbindlich, wie dies Rendle und Britten auch neuerdings (Journ. of Bot. XLV [Dec. 1907], 444) annehmen. Wie uns Dr. A. v. Hayek (br.) aufmerksam macht, bezieht sich nämlich Linnés Diagnose der *M. nutans* („M. petalis imberbibus, panicula nutante simplici"), sowie das an erster Stelle genannte Synonym „Fl. Suec. 45" (wenigstens nach Massgabe der hier zuerst genannten „M. floribus sub culmo pendulis Fl. lapp. 36"), ausschliesslich auf *M. nutans* auct. (non Hudson), und nur die später aufgeführten Bauhin'schen Synonyme gehören teilweise zu *M. uniflora* Retz. Zudem zitiert Hudson selbst „Melica petalis imberbibus, panicula nutante simplici Sp. pl. 98" (d. h. *M. nutans* L. Spec. pl. ed. 2, I [1762], 98, die mit *M. nutans* L. 1753 vollkommen identisch ist) als Synonym zu seiner *M. montana*. Die auf die fehlerhafte Hudson'sche Benennungsweise begründete Alteration der allgemein eingebürgerten Nomenklatur der zwei in Frage stehenden Arten durch Rendle und Britten, der wir uns selbst 1907 anschliessen zu müssen glaubten, war also nach diesen Überlegungen nicht genügend gerechtfertigt.

***Agropyron*** J. Gärtner in N. Comm. Petrop. XIV, 1 (1770), 539; em. Pal. Agrost. (1812), 101.

*Agropyrum* Römer et Schultes Syst. II (1817), 750.

*Agriopyrum* E. H. L. Krause in Bot. Centralbl. LXXIII (1898), 339.

Wir halten nach Art. 57 der Wiener Regeln an der von dem Autor der Gattung (J. Gärtner) ursprünglich gewählten Schreibweise fest.

***Eriophorum angustifolium*** Roth Fl. Germ. II (1789), 63.

*Eriophorum polystachyon* L. Spec. pl. (1753), 52 ex p.; Richter Pl. Eur. I (1890), 136; A. et G. Syn. II, 2 p. 333 (1902) — non Roth Fl. Germ. II (1789), 63; Britton & Brown Ill. Fl. North. U. S. I (1896), 273; Rendle & Britten in Journ. of Bot. (1907), 443 et Corr. List Brit. Seed-pl. (Dec. 1907), 2, quod = *E. latifolium* Hoppe (1800).

---

[1]) „*Melica montana* Huds. Fl. Angl. 31 (1762)", wie Richter (Pl. Europ. I [1890], 79) und Ascherson und Graebner (Syn. II, 1 p. 351 [1900]) zitieren, existiert nicht; denn wie uns Dr. E. Janchen-Wien auf Anfrage freundlichst mitteilt, führt Hudson in der ersten Auflage seiner „Flora Anglica" nur eine *Melica*-Art auf, nämlich *M. nutans* L. Wieder ein Fall, der zur Vorsicht bei der Benutzung der Zitate in Richters „Plantae Europaeae" mahnt (vergl. ***Epipactis atropurpurea***, Seite 526).

Digitized by Google

*E. polystachyon* L. ist als „nomen confusum" für uns unanwendbar geworden. Linné verstand unter diesem Namen die drei mehrährigen Arten *E. latifolium* Hoppe, *E. angustifolium* Roth und *E. gracile* Roth, von denen, wie gezeigt, bald die erste, bald die zweite von den Floristen als *E. angustifolium* „L." bezeichnet wird. In Linnés Diagnose: „E. culmis teretibus, foliis planis spicatis [sic!] pedunculatis" weist die Angabe „culmis teretibus" eher auf *E. angustifolium*, „foliis planis" dagegen auf *E. latifolium*; die Beschreibung ist also zur Entscheidung der Frage, welche Art den Namen *E. polystachyon* zu führen hat, unzulänglich. In solchen Fällen können, wie wir bereits früher (Bull. Herb. Boiss. 1907, 511) ausgeführt haben, drei Prinzipien zur Anwendung gebracht werden: 1. Das Prinzip der Raumpriorität. Das von Linné (l. c.) an erster Stelle genannte Synonym: „*E. culmo folioso tereti, foliis planis*" Fl. Suec. ed. 1 (1745), 16 n. 44 umfasst ebenfalls alle drei mehrährigen Arten (der Typus der Art ist ein Gemenge aus *E. angustifolium* und *latifolium*, var. $\beta$ = *E. gracile*, var. $\gamma$ = *E. angustifolium* [oder *gracile*?]); das in der Flora Suecica an erster Stelle genannte Synonym „E. spicis pendulis Fl. lapp. 22" gehört jedoch nach Wahlenberg Fl. Lapp. (1812), 18 ausschliesslich zu *E. angustifolium*, das allein in Lappland vorkommt.[1]) 2. Das Restprinzip. Roth, der (1789) zuerst die Aufteilung der komplexen Linné'schen Species vorgenommen hat, trennte *E. angustifolium* als eigene Art ab und präzisierte gleichzeitig den Namen *E. polystachyon* im Sinne von *E. latifolium*. 3. Das Opportunitätsprinzip kommt hier nicht zur Anwendung, da von einem „allgemein eingebürgerten Gebrauch" des fraglichen Namens, wie oben gezeigt wurde, nicht die Rede sein kann.

Da also die Prinzipien 1 und 2 zu widersprechenden Resultaten führen und Prinzip 3 zur Entscheidung der Frage nicht herbeigezogen werden kann, so scheint es durchaus geboten, den strittigen Namen *E. polystachyon* völlig fallen zu lassen, bezw. ihn nur im Sinne einer Gesamtart zu verwenden.

***Mariscus*** [Haller 1742] Ludwig Defin. gen. pl. (1760), 423.
*Cladium* [Patrick Browne Hist. Jam. (1756), 114, nomen nudum] Schrader Fl. Germ. I (1806), 74.

***Mariscus Cladium*** (Sw.) O. Kuntze Revis. gen. pl. I (1891), 754.
*Schoenus Mariscus* L. Sp. pl. (1753), 42.
*Cladium Mariscus* R. Br. Prodr. N. Holl. I (1810), 92.
*Schoenus jamaicensis* Crantz Inst. I (1766), 362.

[1]) Vergl. Richter, Codex Linnaeanus (1840), 66.

Digitized by Google

*Mariscus jamaicensis* E. Janchen (in litt.).
*Schoenus Cladium* Sw. Prodr. Ind. occ. I (1788), 19.

***Carex verna*** [Chaix in Vill. Hist. pl. Dauph. I (1786), 312 („Hall. 1381"), nomen nudum] Vill. l. c. II (1787), 204.

*Carex caryophyllea* Latourette [Chlor. Lugd. (1785), 27, nomen solum teste Hayek Sched. fl. stir. exs. 11/12 (1907), 5] ex A. et G. Syn. d. mitteleur. Fl. II, 2 p. 123 (1902).

*Carex praecox* Jacq. Fl. Austr. V (1778), 23 — non Schreber (1771).

Wie uns Dr. E. Janchen-Wien auf Anfrage freundlichst mitteilt, gibt Latourette (l. c.) an Stelle einer Beschreibung nur das Zitat „Haller nr. 1381", ohne die Haller'sche Spezies mit dem ganzen Namen zu nennen.

***Carex alpestris*** All. Fl. Pedem. II (1785), 270.

*Carex Halleriana* Asso Syn. Arrag. (1779), 133 — non *C. Halleri* Gunnerus (1772).

*Carex gynobasis* [„Vill." Chaix in Vill. Hist. pl. Dauph. I (1786), 312, nomen nudum! („Hall. 1385")] Vill. ibid. II (1787), 206.

Wir hatten uns (Bull. Herb. Boiss. 1907, 399) mit dem Gedanken abgefunden, in Zukunft in der Schweizerflora eine „*Carex Halleri*" und eine „*C. Halleriana*" führen zu müssen; seitdem sind wir jedoch zu der Überzeugung gelangt, dass das Nebeneinanderbestehen zweier so ähnlicher Namen, zumal in einer Schulflora, zu fortwährenden Konfusionen Anlass geben müsste, und dass der jüngere der beiden Namen — der von Asso — durch den nächstältesten gültigen (*C. alpestris* All.) ersetzt werden muss. Davon, dass Namen wie „*Halleri*" und „*Hallerianus*" genügend verschieden und nicht als Homonyme zu betrachten seien, handelt nur eine Empfehlung (IX), die zudem einer Regel (Art. 51, Al. 4) widerspricht. — Chaix gibt (l. c. 1786) an, dass Namen, zu denen er „Vill." als Autor zitiere, schon in Villars' „Prosp. hist. pl. Dauph." (1779) aufgeführt seien, was jedoch, wie uns Herr Augustin de Candolle freundlichst mitteilt, in diesem Fall nicht zutrifft; *C. gynobasis* Vill. ist vielmehr erst 1787 rechtsgültig publiziert worden.

***Carex inflata*** Hudson Fl. Angl. [ed. 1 (1762), 354 ex p.?] ed. 2 (1778), 412; Rendle & Britten in Journ. of Bot. XLV (Dec. 1907), 444 et Corr. List Brit. Seed-Pl. (Dec. 1907), II; Druce List Brit. Pl. (1908), 75.

Digitized by Google

*Carex rostrata* Stokes in With. Bot. Arr. Brit. Pl. ed. 2 (1787), 1059.

*Carex ampullacea* Good. in Trans. Linn. Soc. II (1794), 207.

In der ersten Auflage von Hudsons Flora Anglica ist *C. inflata* mit einer von der danebenstehenden *C. vesicaria* L. kaum verschiedenen Diagnose versehen (E. Janchen briefl.) und enthält ausserdem (nach Rendle & Britten l. c.) nicht zu *C. rostrata* gehörige Synonyme von Morison und Rajus. In der zweiten Auflage des gleichen Werkes nimmt Hudson eine Restriktion und Emendation seiner Spezies vor; er lässt die genannten Zitate weg und ändert den englischen Namen in „Bottle-carex" ab; des ferneren führt er eine von Davies in Wales gesammelte, zu *C. rostrata* gehörige Pflanze an, die nach Rendle & Britten noch heute im britischen National-Herbarium existiert. Wir glauben daher, dass kein genügender Grund vorliegt, um nicht nach dem Vorgang von Rendle & Britten *C. inflata* Hudson (1778) für *C. rostrata* Stokes (1787) einzusetzen.

***Dracunculus major*** Garsault Fig. pl. II (1764), t. 250; Descr. pl. (1767), 161.

*Arum Dracunculus* L. Spec. pl. (1753), 964.

*Dracunculus vulgaris* Schott Melet. I (1832), 17.

***Loroglossum*** L. C. Rich. in Mém. Mus. Paris IV (1818), 41, 47.

*Himantoglossum* Sprengel Syst. III (1826), 675.

*Himantoglossum* Sprengel ist unhaltbar, weil der Autor lediglich eine Umtaufung des bereits bestehenden Richard'schen Namens vorgenommen hat. Dass dieser letztere ein Bastardwort (aus lorum und γλῶσσα) ist, berechtigt nach den heutigen Anschauungen (Art. 50 der Wiener Regeln) in keiner Weise zu seiner Verwerfung, die Vermeidung solcher Bildungen wird nur für die Zukunft empfohlen (Empfehlung Vh.).

***Loroglossum hircinum*** Rich. in Mém. Mus. Paris IV (1818), 54.

*Satyrium hircinum* L. Spec. pl. (1753), 944.

*Himantoglossum hircinum* Sprengel Syst. III (1826), 694.

***Chamorchis*** L. C. Rich. in Mém. Mus. Paris IV (1818), 49.

*Chamaeorchis* Koch Syn. ed. 1, II (1837), 692.

***Platanthera bifolia*** (L.) **Rich.** in Mém. Mus. hist. nat. Paris IV (1818), 57!; Rchb. Fl. Germ. excurs. sect. 1 (1830), 120.

Nach Max Schulze (Orchid. Deutschl. etc. [1894], n. 50, 2), sowie nach Ascherson u. Graebner (Syn. III, 835 [1907]) wäre *Pl. bifolia* Rich. verschieden von *Pl. bifolia* Rchb. und identisch mit *Pl. chlorantha*

Digitized by Google

(Custer) Rchb. Wir können uns dieser Auffassung nicht anschliessen; denn Richard gibt (l. c.) zu seiner Art keine Beschreibung, sondern zitiert nur die Synonyme „*Orchis bifolia* Willd. [Spec. pl. IV p. 10] n. 6" und „*Habenaria bifolia* [R. Br. in Aiton] H. Kew. [ed. 2, V] 193", von denen sowohl das erstere nach der Beschreibung „calcar subulatum longissimum" als auch das letztere („cornu filiformi") sicher zu *Pl. bifolia* auct. omn. und nicht zu *Pl. chlorantha* gehören.

***Epipactis***[1]) ***atropurpurea*** Rafin. Caratt. (1810), 87; A. et G. Syn. d. mitteleur. Fl. III, 865 (1907).

*Serapias latifolia* Scop. Fl. Carn. ed. 2, II (1772), 203 — non *E. latifolia* All.

*Serapias latifolia* * *S. atrorubens* Hoffm. Deutschl. Fl. ed. 2, I, 2 (1804), 182.

*Epipactis atrorubens* Schultes Österr. Fl. ed. 2, I (1814), 538[2]).

Vergl. auch Schinz u. Thellung in Bull. Herb. Boiss. 1907, 109. — Wie Ascherson u. Graebner (l. c. 866) ausführen, ist das von uns (l. c.) akzeptierte Zitat „*E. atrorubens* Schult. östr. Fl. I, p. 538 (1794)" bei K. Richter Pl. Europ. I (1890), 283 falsch, da Schultes seine Art erst in der zweiten Auflage seiner Flora (1814) publiziert hat; ebenso ist das Zitat „*Serapias atrorubens* Hoffm. Deutschl. Fl. II, p. 182 (1800)" bei Richter (l. c. 284) inkorrekt, da Hoffmann vielmehr, wie Ascherson und Graebner aufmerksam machen, „*S. latifolia* * *S. atrorubens*" schreibt. Der älteste gültige Name für die fragliche Art ist also offenbar der von Rafinesque 1810 aufgestellte.

***Epipactis sessilifolia*** Peterm.[3]) in Flora XXVII (1844), 370.

*Epipactis Helleborine* var. c. *Ep. varians* Crantz Stirp. Austr. VI (1769), 171.

*Epipactis varians* Fleischm. u. Rechinger in Österr. Bot. Zeitschr. LV (1905), 267.

*Epipactis latifolia* B. *E. varians* A. u. G. Syn. III, 863 (1907).

*Epipactis latifolia* var. *violacea* Dur. Duqu. Cat. rais. Lis. Pont l'Evèque (1846).

*Epipactis violacea* Bor. Fl. Centr. France ed. 3, II (1857), 651; Dur. Duqu. ex Nyman Consp. Suppl. (1890), 290; Richter Pl. Europ. I (1890), 284.

---

[1]) Für die Gattung *Epipactis* ist ***Helleborine*** einzusetzen; s. Seite 588.

[2]) Nach A. u. G. (l. c. 866); 58 nach G. Beck Fl. Nied.-Österr. I (1890), 214.

[3]) Diese Art hat definitiv ***Helleborine purpurata*** (Sm.) Druce zu heissen; vergl. Seite 589.

Digitized by Google

***Cephalanthera alba*** (Crantz) Simonkai (cf. Bull. Herb. Boiss. [1907], 109).

*Serapias longifolia* Hudson 1762 ex p., non L. 1763, nec *C. longifolia* Fritsch.

*Serapias Damasonium* ex p. et *S. latifolia* Miller 1768 (cf. Bull. Herb. Boiss. [1907], 392, 560).

*Cephalanthera Damasonium* Druce 1906; *C. latifolia* Janchen 1907.

*Epipactis alba* Crantz 1769.

*Serapias grandiflora* [L. 1767 ex p.] Scop. 1772.

*Cephalanthera grandiflora* S. F. Gray 1821; Rendle & Britten.

Rendle u. Britten (Journ. of Bot. XLV [1907], 441—2) halten an *C. grandiflora* S. F. Gray fest unter Berufung auf ihre früheren Auseinandersetzungen in der gleichen Zeitschrift (l. c. [1907], 105). Die Autoren übersehen dabei die zwei nach unserer Auffassung wesentlichen Punkte, dass die erste Aufteilung der Linné'schen Kollektivspezies *Serapias Helleborine* (1753) nicht auf Linné selbst (1763), sondern auf Hudson (1762) zurückgeht, und dass *S. longifolia* L. 1763 nicht ein homogenes Gemisch aus *Cephalanthera longifolia, alba* und *Epipactis palustris* ist in der Weise, dass der Name nach Belieben für eine der drei Arten Verwendung finden könnte, sondern dass der Typus der Linné'schen Art genau der *C. longifolia* Fritsch entspricht, während die beiden anderen Arten in Form von Varietäten angefügt sind. — Man gestatte uns im Interesse einer grösseren Klarheit, nochmals kurz an Hand der lichtvollen Ausführungen Fritschs (Österr. bot. Zeitschr. XXXVIII [1888], 77—81) die Geschichte der Linné'schen *Serapias Helleborine* und speziell diejenige der in Frage stehenden *Cephalanthera*-Art zu reproduzieren. — *Serapias Helleborine* L. (1753) ist eine Sammelart, die in Form von koordinierten und benannten Varietäten die heutigen Gattungen *Epipactis*[1]) und *Cephalanthera* umfasst. Hudson, der (Fl. Angl. [1762], 341) zuerst eine Aufteilung dieser Kollektivspezies vornahm, war daher nach unserer Auffassung (Bull. Herb. Boiss. 1907, 98) vollkommen berechtigt, das spezifische Epitheton *Helleborine* ganz fallen zu lassen; er unterschied eine *Serapias longifolia* (= genus *Cephalanthera*) und eine *S. latifolia* (Gesamtbezeichnung für die englischen *Epipactis*-Arten). Linné (Sp. pl. ed. 2, II [1763], 1345) akzeptiert den Hudson'schen Namen *S. longifolia* in etwas verändertem Sinne; als Typus seiner Art betrachtet er *C. longifolia* Fritsch und fügt in Form von (unbenannten) Varietäten *C. alba* und *Epipactis palustris* hinzu. 1767 (Syst. ed. 12, 593—4) ändert Linné plötzlich diese von ihm selbst

[1]) Bezw. *Helleborine;* s. Seite 588.

Digitized by Google

geschaffene Nomenklatur in ganz willkürlicher Weise: den Namen *S. longifolia*, den er selbst 1763 im Sinne von *Cephalanthera longifolia* Fritsch präzisiert hatte, verwendet er jetzt für *Epipactis palustris*, für *Cephalanthera longifolia* (in erster Linie; inkl. *C. alba* in zweiter Linie) stellt er dagegen den neuen Namen *S. grandiflora* auf. Die beiden Namen von 1767 können daher wohl als „totgeboren" betrachtet werden, der erstere, weil auf einer willkürlichen Umdeutung eines bereits in anderem Sinne präzisierten Namens beruhend und gleichzeitig Art. 27 zuwiderlaufend, der zweite als unnötiges Synonym zu *Ser. longifolia* L. 1763 (Art. 50). Zudem muss gegenüber Rendle & Britten daran erinnert werden, dass *Serapias grandiflora* L. 1767 in erster Linie *Ceph. longifolia* Fritsch bezeichnet, und dass erst Scopoli 1772 (also nach der Aufstellung von *Epipactis alba* Crantz [1769]) den Linné'schen Namen — entgegen der ursprünglichen Intention seines Autors — im Sinne von *C. alba* präzisiert hat. Was nun noch die beiden von Fritsch in seiner sonst vortrefflichen und erschöpfenden Studie übersehenen Miller'schen Namen von 1768, *Serapias Damasonium* und *Ser. latifolia*, anbetrifft, so ist der erstere komplex und konfus (vergl. Bull. Herb. Boiss. 1907, 560), und zudem totgeboren, weil im vollen Umfange synonym mit *Serapias longifolia* L. 1763 und *S. grandiflova* L. 1767, der zweite allerdings an sich klar und eindeutig, jedoch totgeboren; denn wie Ascherson und Graebner (Syn. d. mitteleur. Fl. III, 874 [1907]) richtig hervorheben, war Miller nicht berechtigt, den von Hudson 1762 für die englischen Arten der Gattung *Epipactis* festgelegten Namen *Ser. latifolia* auf eine *Cephalanthera* zu übertragen (Art. 27) und gleichzeitig für *Ser. latifolia* Hudson den von Hudson 1762 mit Recht fallen gelassenen Namen *Ser. Helleborine* zu restituieren. Der älteste spezifische, den Regeln entsprechende Name für die in Diskussion stehende Art ist also offenbar *Epipactis alba* Crantz (1769); wir halten demnach mit Ascherson und Graebner an der Kombination *Ceph. alba* (Crantz) Simonkai fest. — Rendle und Britten (l. c. 1907, 442) machen gegen *Epipactis alba* Crantz geltend, dass der Crantz'sche Gattungsname *Epipactis*, weil nicht nur *Serapias* L. im vollen Umfang, sondern auch *Ophrys*, *Neottia* etc. umfassend, unhaltbar sei. Wir vertreten dagegen die Auffassung, dass die Berechtigung eines spezifischen Epithetons völlig unabhängig ist von der Berechtigung des Gattungsnamens, unter dem er publiziert wurde; beispielsweise werden wohl allgemein *Lappula echinata* Gilib. (1781) und *Psyllium ramosum* Gilib. (1781) als gültige (bezw. zur Bildung neuer Kombinationen verwendbare) Namen betrachtet, obwohl die betreffenden Gattungen (nach dem Ind. Kew.) erst 1794 resp. 1789 rechtsgültig publiziert worden sind.

Digitized by Google

***Corallorrhiza trifida*** Chatelain Specim. inaug. de *Corallorhiza* (1760), 8! („*Corallorhiza*").

*Corallorhiza integra* Chatelain ibid. [11] 12.

*Corallorhiza Neottia* Scop. Fl. Carn. ed. 2, II (1772), 207.

*Corallorhiza innata* R. Br. in Aiton Hort. Kew. ed. 2, V (1813), 208.

Vergl. Bull. Herb. Boiss. 1907, 111, wo wir den Namen *C. Neottia* Scop. als gültig verwendet hatten. Seither haben Rendle u. Britten (Journ. of Bot. XLV [Dec. 1907], 442; Corr. List Brit. Seed-Pl. [Dec. 1907], II) den rechtsgültig publizierten, jedoch der völligen Vergessenheit anheimgefallenen (auch im Index Kewensis fehlenden)[1]) Namen *C. trifida* Chatelain wieder hervorgezogen. Die zweite von Chatelain aufgestellte Art, *C. integra*[2]), stellt die in der Schweiz überwiegend oder (nach dem Autor selbst) ausschliesslich vorkommende Form mit ungeteilter Lippe dar (= var. **integra** [Chat.] Schinz und Thellung).

***Salix triandra*** L. Spec. pl. (1753), 1016, sens. ampl.; em. Spenner Fl. Friburg. II (1826), 271!

*Salix amygdalina* L. Spec. pl. (1753), 1016 sens. ampl.; em. Fries Novit. Fl. Suec. Mant. I (1832), 42.

Wir mussten (Bull. Herb. Boiss. 1908, 572) die Frage, ob die in Diskussion stehende Art *S. triandra* L. oder *S. amygdalina* L. zu heissen hat, offen lassen, da uns nicht bekannt war, welcher Autor als erster die Vereinigung der beiden Linné'schen Spezies zu einer einzigen vorgenommen hat. Nach O. v. Seemen (in A. u. G. Syn. IV, 76 [1908]) wäre dies Fries (l. c.) gewesen, und zwar behielt er den Namen *S. amygdalina* in erweitertem Umfang bei, welchem Vorgehen sich nach Art. 46 der Wiener Regeln alle folgenden Autoren anzuschliessen hätten. Indessen hat schon vor Fries mindestens Spenner (l. c.) (und vielleicht schon vorher Seringe?) *S. triandra* L. und *S. amygdalina* L. zu einer Art vereinigt, und zwar unter dem

[1]) Merkwürdig ist, dass Gaudin (Fl. Helv. V [1829], 486) zwar die von Chatelain angegebenen schweizerischen Lokalitäten von *Corallorrhiza,* und zwar unter Berufung auf den Autor, zitiert, jedoch die Abhandlung Chatelains und den von ihm gegebenen Namen nicht erwähnt.

[2]) Auf Seite 11, wo die „Species secunda" mit Synonymen und Beschreibung aufgeführt wird, steht nur „*CORALLORHIZA nectarii labio integro*" [im Gegensatz zu „*trifido*" bei der ersten Art], ohne binären Namen; offenbar ist das spezifische Epitheton „*integra*", das nach Linné'scher Manier ausserhalb des Randes hätte stehen sollen, aus Versehen ausgefallen. Dasselbe erscheint erst auf Seite 12 in folgendem Zusammenhang: „Observatio. Ex descriptione data Corallorhizae integrae, a trifida discrepare videtur, in eo, quod nectarii labium integrum sit.... An varietas trifidae?"

Digitized by Google

gemeinsamen Namen *S. triandra* (l. c. mit den Varietäten *α viridis* [S. 271] und *β glaucophylla* mit dem Synonym *S. amygdalina* L. [S. 272]), der also zu Recht bestehen bleibt, so lange nicht nachgewiesen werden kann, dass ein früherer Autor die beiden Linné'schen Arten als *S. amygdalina* zusammengefasst hat.

***Alnus viridis*** (Chaix) Lam. et DC. Fl. fr. III (1805), 304.
*Betula viridis* Chaix in Vill. Hist. pl. Dauph. I (1786), 374.
*Betula Alnobetula* Ehrh. Beitr. Naturk. II (1788), 72.
*Alnus Alnobetula* Hartig Naturgesch. forstl. Kulturpfl. (1851), 372.

Zu dieser „Rücktaufe" sind wir durch Briquets, die Benennung der Grünerle beschlagende Publikation im Ann. d. Cons. et d. Jard. bot. Genève (1907—1908), 29 veranlasst. Briquet weist l. c. nach, dass Villars die Kombination *Betula viridis* nicht erst im dritten Band seiner Histoire pl. Dauph. (1789) aufstellt, sondern dass Chaix ihrer bereits im ersten Bande des genannten Werkes, und zwar in Begleitung einer kurzen Diagnose, Erwähnung tut. Dadurch rückt das Publikationsdatum der *Betula viridis* von 1789 auf 1786 hinauf und gewinnt die Kombination dadurch die Priorität gegenüber *Betula Alnobetula* Ehrh. (1788).

***Quercus pubescens*** Willd. Berl. Baumz. (1796), 279 et Spec. pl. IV (1805), 450.
*Quercus robur lanuginosa* Lam. Encycl. I (1783), 717.
*Quercus lanuginosa* Thuill. Fl. env. Paris ed. 2 (1799), 502.

Nach der Angabe Willdenows selbst (Spec. pl. l. c.) wäre *Qu. pubescens* in der „Berlinischen Baumzucht" als Varietät von *Qu. alba* beschrieben, was jedoch nicht zutrifft; denn wie wir aus einer von Direktor Prain in Kew uns freundlichst übermittelten Kopie der Originalstelle ersehen, figuriert *Qu. pubescens* Willd. („französische Eiche") in der ersten Publikation (1796) als eigene, mit der „Stein-" und „Stieleiche" koordinierte Art („diese Eiche wird von den französischen Botanisten als eine Abart der Steineiche angesehen, von der sie aber noch mehr verschieden ist, als die Stieleiche").

***Thesium Linophyllon*** L. Spec. pl. (1753) 207 („foliis linearibus") ex p.; Pollich Hist. pl. Palat. I (1776), 238; Rchb. Ic. pl. crit. V (1827), 32, Fl. Germ. excurs. sect. 2 (1831), 158 et auct. nonnull.
*Thesium linifolium* Schrank Baier. Reise (1786), 129, Baier. Fl. I (1789), 506.
*Thesium intermedium* Schrader Spicil. fl. Germ. (1794), 27.

*Thesium Linophyllon* L. ist eine Sammelart, die *Th. linifolium* Schrank (*Th. intermedium* Schrader), *Th. bavarum* Schrank (*Th. mon-*

Digitized by Google

*tanum* Ehrh.) und wohl noch andere (südeuropäische) Arten umfasst. Dies ist aber kein Grund, um den Linné'schen Namen ganz fallen zu lassen; vielmehr muss er im Sinne einer der Teilarten präzisiert werden, und zwar empfiehlt es sich am ehesten, dies im Sinne von *Th. linifolium* zu tun, für welche Art er schon von verschiedenen Autoren verwendet worden ist. Damit wird auch das lästige Nebeneinanderbestehen von *Th. Linophyllon* L. und *Th. linifolium* Schrank, welche zwei Namen sehr ähnlich sind und wohl zu Konfusionen führen könnten, gleichwohl aber nach den Wiener Regeln (Art. 57) als verschieden zu betrachten sind, vermieden. Für *Th. bavarum* (*montanum*) kann *Th. Linophyllon* L. schon deswegen nicht gut eingesetzt werden, weil Linnés Diagnose („foliis linearibus") auf *Th. bavarum* nicht passt.

***Phytolacca americana*** L. Spec. pl. (1753), 441 [sphalm. „amcricana"] excl. var. β, Syst. ed. 10, II (1759), 1040 („P. floribus decandris"); Gouan Hort. Monspel. (1762), 225, Fl. Monspel. (1765), 247.

*Phytolacca decandra* L. Spec. pl. ed. 2, I (1762), 631 et auct. omn.

Linnés *Ph. americana* von 1753 umfasst die zwei von demselben Autor später (Spec. pl. ed. 2 l. c.) als *Ph. octandra* und *Ph. decandra* unterschiedenen Arten, und zwar entspricht der Typus der *Ph. americana* nach den Synonymen *Phytolacca vulgaris* Dill. Hort. Elth. (1732), 318 t. 239 f. 309! und *Solanum racemosum americanum* Pluk. Almag. (1696), 353 t. 225 f. 3! der späteren *Ph. decandra*. Die Neuaufstellung dieses letzteren Namens war also nicht gerechtfertigt, umsoweniger, als Linné selbst schon 1759 den Namen *Ph. americana* im Sinne von *Ph. decandra* präzisiert hatte. — Wie wir nachträglich bemerken, wird der Name *Ph. americana* im Sinne von *Ph. decandra* bereits von A. v. Hayek Fl. Steierm. I, 4 (1908), 260 wieder eingeführt.

***Montia fontana*** L. Sp. pl. (1753), 87 ex p.; Ascherson Fl. Brandenb. I, 1 (1860), 225; Pax in Engler-Prantl Natürl. Pfl. fam. III, 1 b (1889), 58.

*Montia verna* Necker Delic. Gallo-Belg. I (1768), 78! („Hall. Helv. 608. n. 1. Mich. 18. Tab. XIII. fig. 1. 2. Alsinoides annua, verna Vaill. bot. Tab. III. fig. 4. exquisita .... Fructificatio axillaris; terminalisque pedunculata .... Aggeribus arenosis legi. Pagis faumont Bouvignies, Marchiennes &c.").

*Montia minor* C. C. Gmelin Fl. Bad.-Als. I (1805), 301.

? *Montia fontana* β erecta Pers. Syn. I (1805), 111 („caule erecto fol. lanceolatis").

Digitized by Google

Um nicht den ganz unbekannten Namen *M. verna* Necker zur Anwendung bringen zu müssen, ziehen wir es vor, gleich auf den ältesten für die in Diskussion stehende Art in Frage kommenden Namen, *M. fontana* L., zurückzugreifen; der Autor begreift allerdings ausdrücklich auch *M. rivularis* C. C. Gmelin l. c. (1805), 302 (? *M. fontana α repens* Pers. Syn. I [1805], 111) in seine *M. fontana* ein, doch hat er, nach den Synonymen zu schliessen, in erster Linie *M. verna* (*minor*) im Auge gehabt.

***Dianthus hyssopifolius*** L. Cent. I. pl. (1755), 11!

*Dianthus monspeliacus* L. Syst. ed. 10, II (Mai.-Jun. 1759), 1029; Gouan Fl. Monspel. (1765), 238.

*Dianthus monspessulanus* L. Amœn. acad. IV (Nov. 1759), 313! et auct. fere omn.

Die Identität von *D. hyssopifolius* L., welcher Name in diesem Sinne in der Literatur völlig zu fehlen scheint — auch in Richters Codex Linnaeanus wird er nicht erwähnt[1]) —, mit *D. monspessulanus* L. et auct. geht aus der Textvergleichung hervor; die Diagnose ist identisch mit derjenigen von *D. monspeliacus* L. Syst. Im Neudruck der „Centuria I." in den „Amœnitates" Vol. IV (1759) fehlt *D. hyssopifolius;* an seiner Stelle wird (p. 272), zwar mit dem gleichen Bauhin'schen Synonym[2]), jedoch mit veränderter Diagnose, *D. superbus* L. eingeführt. Es ist allerdings nicht ausgeschlossen, dass diese letztere Art auch schon in *D. hyssopifolius* inbegriffen ist — die Angabe „petala . . . versus ungues supra griseo barbata", sowie die eine Heimatsangabe „in Germania" scheint darauf hinzuweisen —; doch kann sich die Diagnose: „*Dianthus* (*hyssopifolius*) foliis [sic!] subsolitariis, squamis calycinis longitudine tubi; corollis multifidis" und „calycis squamae sensim attenuatae, longitudine calycis, quod in nulla alia specie multifido flore mihi visum", sowie die Heimatsangabe „in Gallia Narbonensi", nur auf *D. monspessulanus* L. beziehen, und auch das Bauhin'sche Synonym[2]) scheint hierher zu gehören. Es ist daher als ein Fehler zu bezeichnen, wenn *D. hyssopifolius* L. im Index Kewensis = *D. superbus* L. gesetzt wird.

---

[1]) Richter (Cod. Linn. [1840], 427) zitiert zu *D. monspessulanus* L. fälschlich „Cent. II [1756]; hier findet sich dieser Name noch nicht, er wird erst im Neudruck der „Centuria" in den „Amœnitates" (l. c.) eingeführt.

[2]) „*Betonica coronaria seu Caryophyllus minor, folio viridi nigricante, repens, flore argenteis punctis notato.* Bauh. hist. 3. p. 329, fig. mal.", wie Linné zitiert, kann nach der — allerdings schlechten — Abbildung sehr wohl *D. monspessulanus* sein, auf keinen Fall aber *D. superbus.* — Die Zugehörigkeit des anderen Synonyms: „Caryophyllus simplex supinus latifolius, Bauh. pin 208?" dürfte kaum mit Sicherheit zu eruieren sein.

Digitized by Google

***Stellaria Dilleniana*** Mönch Enum. pl. Hass. (1777), 214 (excl. syn. Hall. et forsan Dill.?) et t. VI! — [non Leers Fl. Herborn. (1775) 107!, quae = *St. uliginosa* Murray (1770), nec Rchb. Fl. Germ. excurs. sect. 3 (1832), 784 nec G. Beck, quae = *St. graminea* L. (1753) var.].

*Stellaria palustris* [Ehrh. Beitr. V (1789), 176, nomen] Retz. Fl. Scand. Prodr. ed. 2 (1795), 106.

*Stellaria glauca* Wither. Bot. Arr. Brit. pl. ed. 3, II (1796), 420.

Das von Mönch zitierte Synonym „Alsine foliis lanceolatis, petalis bipartitis, petiolis unifloris. HALLERI. n. 881" gehört zu *St. uliginosa* Murray (*St. Dilleniana* Leers); Beschreibung und Abbildung beziehen sich dagegen mit Sicherheit auf *St. palustris*. Es sei noch hinzugefügt, dass Mönch die homonyme Leers'sche Spezies nicht zitiert, also nicht etwa eine Umdeutung eines bereits existierenden Namens vorgenommen, sondern vielmehr eine neue Art aufgestellt hat. — Reichenbach hat (l. c.), verleitet durch unrichtig bestimmte Exsikkaten aus der Flora der Wetterau, als *St. Dilleniana* „Mönch" eine grossblütige Form von *St. graminea* L. (var. *macropetala* O. Kuntze Fl. Leipz. [1867], 227) beschrieben, desgleichen G. Beck (Fl. Nied.-Österr. I [1890], 364 „*β Dilleniana* [Mönch Hass. nr. 364]") und, ihm folgend, Schinz u. Keller (Fl. d. Schweiz ed. 2, II [1905], 68).

***Bufonia paniculata*** Dubois in Delarbre Fl. Auvergne ed. 2 (1800), 300.[1])

*Bufonia spicata* Delarbre l. c. (1800), 299.

*Bufonia annua* Lam. et DC. Fl. franç. IV (1805), 768 ex p.

*Bufonia macrosperma* J. Gay in Mutel Fl. Dauph. ed. 2, 88 (1848) et in Gren. et Godron Fl. France I (1848), 248.

*Castalia alba* (L.) **Wood** in Rees Cyclop. VI (1806), n. 2

und nicht Greene, wie wir in unseren Begründungen (l. c. pag. 404) zitiert haben. Greenes Publikation war uns bei der Redaktion nicht zugänglich, inzwischen haben wir uns im britischen Museum in London überzeugt, dass Wood als Autor zu stehen hat. Wieso Conard (The Waterlilies [1905], 176) dazu kommt, Woodville & Wood zu zitieren, ist uns unverständlich; eine bezügliche Anfrage an Conard ist unbeantwortet geblieben.

***Paeonia fœmina*** Garsault Fig. pl. III (1764), t. 435 B; Descr. pl. (1767), 260.

*Paeonia officinalis α feminea* L. Spec. pl. (1753), 530.

*Paeonia officinalis* Gouan Fl. Monspel. (1765), 266.

*Paeonia feminea* Desf. Tabl. école ed. 1 (1804), 126.

[1]) Hinsichtlich der Schreibart Buffonia vergl. auch Fauconnet, Excurs. Bot. (1872), 97.

Digitized by Google

***Actæa spicata*** L. Fl. Suec. ed. 2 (1755), 181; Gouan Hort. Monspel. (1762), 251! ex loc. nat. (excl. syn. „Christophoriana Americana Tour. 299"); Miller Gard. Dict. ed. 8 (1768), n. 1 et auct. plur.

*Actæa spicata* var. *nigra* L. Spec. pl. (1753), 504.

*Actæa Christophoriana* Gouan Fl. Monspl. (1765), 152!

*Actæa nigra* Gærtner, Meyer & Scherbius Fl. Wett. II (1800), 265; Fritsch Excursionsfl. Österr. (1897), 215; „Miller" O. Kuntze Revis. gen. pl. III, 2 (1898), **192**, Schinz et Thellung in Bull. Herb. Boiss. (1907), 99 et 181.

Der von uns (Bull. Herb. Boiss. l. c.) nach O. Kuntze (l. c. 1898) zitierte Name *A. nigra* Miller existiert, wie Rendle und Britten (Journ. of Bot. XLV [1907], 435) aufmerksam machen, nicht; an seiner Stelle steht vielmehr bei Miller (Gard. Dict. ed. 8 l. c.), wie wir uns seither überzeugt haben, *A. spicata* im Sinne von *A. spicata* L. Fl. Suec. = *A. spicata* var. *nigra* L. 1753. — Der Name *A. Christophoriana* Gouan, dem vor der von einigen Autoren als gültig akzeptierten Kombination *A. nigra* die Priorität zukäme, wird in der floristisch-sytematischen Literatur fast allgemein übergangen; er findet sich indessen im Index Kewensis.

***Ranunculus circinatus*** Sibth. Fl. Oxon. (1794), 175.

*Ranunculus divaricatus* auct. germ. non Schrank.

Wie H. u. J. Groves (Journ. of Bot. [1907]), 379 und E. Janchen (briefl.) nachgewiesen haben, ist *Ranunculus divaricatus* Schrank insofern ein *nomen confusum* als diese Kombination auf dieselbe Haller'sche Pflanze begründet ist wie Chaixs *R. trichophyllus* und sich nicht deckt mit dem *R. divaricatus* von Koch und weitern deutschen Autoren. Die Gilibert'sche Kombination *R. fœniculaceus*[1]) fällt aus demselben Grunde auch dahin, denn höchst wahrscheinlich ist auch *R. fœniculaceus* Gilibert = *R. trichophyllus* Chaix und es verbleibt daher unserem Hahnenfuss als ältestes Epitheton das von Sibthorp gegebene, nämlich *circinatus*. Vergl. auch Frederic N. Williams in Journ. of Bot. (1908), 11.

***Ranunculus flaccidus*** Pers. in Usteri Ann. Bot. XIV [= Neue Ann. VIII] (1795), 39! („foliis petiolatis omnibus incisis capillaceis: laciniis divaricatis flaccidis").

*Ranunculus aquatilis* var. γ L. Spec. pl. (1753), 556.

*Ranunculus fœniculaceus* Gilib. Fl. Lithuan. IV (1782), 261 n. 177 — non auct. rec.

[1]) Siehe Bull. Herb. Boiss. VII (1907), 182.

Digitized by Google

*Ranunculus trichophyllus* Chaix [in Vill. Hist. pl. Dauph. I (1786), 355 („Hall. 1162") = nomen nudum] ex Godron in Gren. et Godron Fl. France I, 1 (1847), 23.
*Ranunculus divaricatus* Schrank Baier. Fl. II (1789), 104 n. 859 — non auct. Germ.
*Ranunculus feniculaceus* Gilib. Exerc. phytol. I (1792), 370.
*Ranunculus paucistamineus* Tausch in Flora XVII, 2 (1835), 525.

Vergl. den eingehenden Artikel von Fr. N. Williams „Critical Study of *Ranunculus aquatilis* L. var. γ" in Journ. of Bot. XLVI (1908) n. 541, 11—22, n. 542, 44—52. Der älteste spezifische Name für die in Frage stehende Art ist *R. fœniculaceus* Gilib. (1782); derselbe ist jedoch für uns nicht anwendbar als „nomen confusum", indem mehrere mitteleuropäische Floristen (so Rouy u. Fouc. Fl. France I [1893], 70; Schinz u. Thellung in Bull. Herb. Boiss. 1907, 82) diese Bezeichnung unrichtigerweise im Sinne von *R. circinatus* Sibth. (= *R. divaricatus* auct. Germ. non Schrank) verwenden; ebenso verhält es sich auch mit *R. divaricatus* Schrank (1789). *R. trichophyllus* Chaix betrachten wir mit Williams (l. c. p. 15) als *nomen nudum;* vergl. über diesen Standpunkt auch weiter unten unsere Ausführungen zu *Trifolium maritimum* Hudson (S. 577). Der älteste für unsere Art verwendbare Name ist also offenbar *R. flaccidus* Pers. (1795). Über weitere Synonyme vergl. Williams l. c. p. 12—13.

***Adonis annuus*** (-a) Hudson Fl. Angl. (1762), 209.
*Adonis annua* L. var. *atrorubens* L. Spec. pl. ed. 1 (1753), 547.
*Adonis autumnalis* L. Spec. pl. ed. 2, I (1762), 771; Hudson Fl. Angl. ed. 3 (1798), 239; Schinz u. Thellung in Bull. Herb. Boiss. VII (1907), 504.

Wir haben in unseren „Begründungen der vorzunehmenden Namensänderungen" l. c. der Kombination *Adonis autumnalis* L. den Vorzug gegeben, weil wir der Ansicht waren, Linné habe in der zweiten Auflage der Species plant. als erster seine ehemalige Varietät *atrorubens* zum Range einer Art erhoben und sie benannt; wir entnehmen indessen den Ausführungen von Rendle u. Britten (Journal of Bot. [1907], 433), dass wir uns geirrt haben, dass vielmehr es Hudson gewesen ist, der diese Rangerhöhung vorgenommen und die Taufe ausgeführt hat und zwar in seiner gleichfalls im Jahre 1762 erschienenen ersten Auflage[1]) der Flora Angl. Der Hudson'schen Kombination gebührt die Priorität; es geht dies aus dem Umstand hervor, dass Linné Hudsons Buch zitiert (so unter *Cistus polifolius*

[1]) Die uns in Zürich nicht zugänglich ist.

Digitized by Google

auf Seite 745 und im Anschluss zum Vorwort in der Liste der Autoren). Dieser Rendle-Britten'schen Begründung schliessen wir uns in allen Punkten an; sie weicht im Hauptpunkte von der ursprünglichen derselben (Journ. of Bot. [1907], 99), der wir unsere Ausführungen (Bull. Herb. Boiss. VII [1907], 504) entgegenstellten, ab.

***Teesdalia*** anstatt *Teesdalea* (Art. 57).

In Übereinstimmung mit R. Brown (in Aiton Hort. Kew. ed. 2, IV [1812], 83) und damit auch mit Beck (Flora von Niederösterreich), Rendle und Britten (Journ. of Bot. [1907], 495) u. A. schreiben wir nunmehr *Teesdalia*, während G. Claridge Druce (List of British Plants [1908], 7) bei *Teesdalea* verbleibt.

***Sisymbrium pyrenaicum*** (L.) Vill. Hist. pl. Dauph. III (1789), 341 t. 38 sens ampl. — [non L. 1753, quod = *Roripa pyrenaica* Spach].

*Sinapis pyrenaica* L. Spec. pl. ed. 2, II (1763), 934.

*Sisymbrium austriacum* Jacq. Fl. Austr. III (1775), 35 t. 262.

Die von Villars (Prosp. [1779] 39 t. 21 f. 2) als *Erysimum pyrenaicum* und später (Hist. l. c.) als *Sisymbrium pyrenaicum* beschriebene und abgebildete Pflanze ist mit Linnés *Sinapis pyrenaica* nicht identisch, sondern stellt eine andere Ssp. oder Var. der gleichen Gesamtart dar: *S. austriacum* ssp. IV *Villarsii* (Jordan Diagn. [1864], 143 pro spec.) Rouy et Fouc. Fl. France II (1895), 18; die Pyrenäenpflanze, die Linné bei der Aufstellung seiner Art im Auge hatte, entspricht dagegen dem *Sis. austriacum* ssp. II *chrysanthum* (Jordan l. c. 148 pro spec.) Rouy et Fouc. l. c. 17. Die Inkongruenz zwischen *Sinapis pyrenaica* L. und *Sisymbrium pyrenaicum* Vill. vermag, da sie den Rahmen der Art nicht überschreitet, die Verwendung des Namens *Sisymbrium pyrenaicum* (L.) Vill. in erweitertem Sinne für *Sis. austriacum* Jacq. nicht zu hindern. Um diesen letzteren bekannten Namen nicht ganz verschwinden zu lassen, schlagen wir für die bei uns vorkommende Form die Bezeichnung *ssp. austriacum* (Jacq.) vor.

***Brassica persica*** Boiss. et Hohen. in Boiss. Diagn. pl. Or. ser. 1, VIII (1849), 26.

*Brassica armoracioides* Czern.! ex Turcz. in Bull. Soc. Nat. Mosc. XXVII (1854) II, 311.

*Brassica elongata* (Ehrh.) var. *integrifolia* Boiss. Fl. Or. I (1867), 394.

*Br. persica (armoracioides)* ist wohl doch mehr als eine blosse Varietät von *Br. elongata* Ehrh. Beitr. VII (1792), 159; sie dürfte

Digitized by Google

wohl am Richtigsten als eine Subspecies dieser letztgenannten Art aufzufassen sein.

***Roripa*** Scop. Fl. Carn. (1760), 320 [„*Rorippa*“[1])]; Adanson Fam. pl. II (1763), 417.

*Radicula* Hill Brit. Herb. (1756), 264.

*Nasturtium* R. Brown in Aiton Hort. Kew. ed. 2, IV (1812), 110 [cf. Schinz et Thellung in Bull. Herb. Boiss. 2e sér. VII (1907), 405].

Der von G. Claridge Druce (Ann. Scott. Nat. Hist. [1906], 219), Rendle u. Britten (List. Brit. Seed-pl. and Ferns [1907], 3) und uns selbst (Bull. Herb. Boiss. l. c.) für *Roripa* akzeptierte Name *Radicula* Hill ist unhaltbar nach Art. 54: „Gattungsnamen sind ausserdem in folgenden besonderen Fällen zu verwerfen: 1. Wenn sie einen der Morphologie entlehnten Kunstausdruck darstellen, sofern sie nicht zusammen mit Artnamen eingeführt sind.“ Die ältesten binären Kombinationen mit dem Gattungsnamen *Radicula* stammen von Mönch (1794), sind also erst längst nach der Aufstellung von *Roripa* gebildet worden. — Die Anwendbarkeit des Art. 54, Al. 1, auf den Namen *Radicula* könnte vielleicht mit Rücksicht auf den Wortlaut der genannten Regel angefochten werden; denn der Ausdruck „entlehnt“ („emprunté“ im Französischen, „borrowed“ im Englischen) könnte die Auffassung erwecken, als ob hier von der geflissentlichen Verwendung bereits bestehender Kunstausdrücke als Gattungsnamen die Rede wäre.[2]) Indessen ergibt sich, wenn man die Geschichte des Art. 54, Al. 1 bis auf ihren Urheber zurückverfolgt, ohne Weiteres, dass dies unmöglich die Meinung der Gesetzgeber gewesen sein kann. Auf dem Wiener Kongress wurde nämlich (cf. Actes [1906], 121) der von der Kommission vorgeschlagene Text des Art. 65 bis [= Art. 54 der Wiener Regeln] (Texte synoptique [1905], 113) einstimmig angenommen; dieser Text ist jedoch dem Wortlaut nach identisch mit dem entsprechenden Vorschlag der belgischen und schweizerischen Botaniker (Propos. de changements ... par un groupe de botanistes belges et suisses [1903], 14), der seinerseits, wie im Commentaire (p. 40) ausgeführt wird, auf O. Kuntze

[1]) Offenbar infolge eines Druckfehlers; in der 2. Auflage der Flora Carniolica II (1772), 24—25, wo dieser Name sowohl als Synonym zur Gattung *Sisymbrium* L., als auch zu *Sis. Roripa* Scop. [= *Roripa amphibia* (L.) Besser] zitiert wird, schreibt Scopoli selbst „*Roripa*“.

[2]) So vertreten tatsächlich Rendle u. Britten (briefl.) die Auffassung, dass der Name *Radicula* deswegen beizubehalten sei, weil er nicht „Würzelchen“, sondern vielmehr „kleiner Rettig“ (Deminutiv von „*Radix*“ im Sinn von *Raphanus*) bedeute; dieser Umstand kann jedoch nach unserer Meinung der Tatsache, dass „*Radicula*“ mit einem Kunstausdruck lautlich zusammenfällt, keinen Eintrag tun.



Digitized by Google

(Rev. gen. pl. I [1891], XCVI) zurückgeht. Bei diesem letzteren Autor (l. c. p. XCV—XCVI und Codex emendatus [1893], CCCCVII) lautet nun der betreffende Artikel (Art. 60, 5) folgendermassen: „Zu verwerfen sind ferner: (5.) Bisher gangbare[1]) botanische substantive Kunstausdrücke (Termini technici botanici substantivi) als Gattungsnamen, falls sie nicht nach 1753 gleichzeitig mit Artennamen eingeführt wurden"; englisch: „Every one is bound to reject a name in the following cases: (5) Technical botanical terms a substantives that were hitherto in universal use, if taken as generic names, provided they were after 1753 not introduced simultaneously with a specific name"; französisch: „Chacun doit se refuser à admettre un nom dans les cas suivants: (5) Les termes techniques substantifs botaniques valables partout jusqu'à présent comme noms génériques, s'ils ne sont pas introduits depuis 1753 avec des noms d'espèces". Wie man sieht, ist die französische Übersetzung stilistisch schlecht gefasst und sogar direkt missverständlich (man ist versucht, „comme noms génériques" auf „valables" zu beziehen); die Einfügung des Wortes „emprunté" in dem Vorschlag der belgisch-schweizerischen Gruppe ist daher sicherlich nur als stilistische Änderung, nicht aber als eine Modifikation des Sinnes des betreffenden Artikels aufzufassen (eine solche hätte doch wohl begründet werden müssen). Wir halten uns daher für berechtigt, uns hinsichtlich der Deutung des Art. 54, Al. 1, an die von seinem Urheber ursprünglich gegebene Fassung zu halten, die die Verwerfung des Gattungsnamens *Radicula* erfordert.

***Roripa Nasturtium aquaticum*** (L.) G. Beck Fl. Nied.-Österr. III (1892), 463; Rusby in Mem. Torrey bot. Club III, 3 (1893), 5.
*Nasturtium aquaticum* Garsault Fig. pl. III (1764), t. 403, Descr. pl. (1767), 241 — [non Wallr. 1822].
*Nasturtium officinale* R. Br. 1812.[2])

***Roripa islandica*** (Oeder) Schinz et Thellung comb. nov.
*Sisymbrium islandicum* Oeder Fl. Dan. III, 7 (1768), 8, T. CCCCIX!

[1]) Unter „bisher gangbaren" Kunstausdrücken versteht O. Kuntze nach der Erläuterung (l. c. [1891], CI) solche, die in Bischoffs Wörterbuch der beschriebenen Botanik (1857) Aufnahme gefunden haben; diese Einschränkung war nötig, um zu verhindern, dass obsolete oder neu einzuführende Termini technici zu ungerechtfertigter Verwerfung führen. „*Radicula*" findet sich nun bei Bischoff in doppelter Bedeutung, nämlich als „Wurzelfaser" und „Würzelchen der Keimpflanze"; als *terminus technicus* kommt das Wort schon bei Grew (1682) und bei Gärtner (De fruct. sem. pl. I [1788], CLXV, CLXIX) vor.

[2]) Über die übrigen Synonyme vergl. Schinz u. Thellung in Bull. Herb. Boiss. 2e sér VII (1907), 405/6.

Digitized by Google

*Sisymbrium amphibium* Miller Gard. Dict. ed. 8 (1768), n. 3 — non L.

*Sisymbrium palustre* Pollich Hist. pl. Palat. II (1777), 230 n. 625; Leysser Fl. Hal. ed. 2 (1783), 166 n. 679[1]) — [non Garsault (1764)].

*Nasturtium palustre* DC. Syst. II (1821), 191 — [non Crantz Cruc. (1769), 81![2]), quod = *Subularia aquatica* L. 1753].

*Roripa palustris* Besser Enum. pl. Volhyn. (1822), 27.

*Sisymbr. terrestre* With. Bot. Arr. ed. 3 (1796), 582.

*Nasturtium terrestre* R. Br. in Aiton Hort. Kew. ed. 2, IV (1812), 110.

***Roripa anceps*** (Wahlenb.) Rchb. Ic. fl. Germ. Helv. XII. Tetradyn. (1837—8), 15; Fuss Fl. Transsilv. (1866), 47.

*Sisymbrium anceps* Wahlenb. Fl. Upsal. (1820), 223.

*Nasturtium anceps* Rchb. in Flora V, 1 (1822), 295 (saltem quoad syn. Wahlenb.)[3]); DC. Prodr. I (1824), 137.

*Nasturtium amphibium* × *silvestre* Ascherson Fl. Brandenb., 35 (1860).

*Roripa anceps* (Wahlenb.) Rchb. ist für uns eine nach beiden Seiten schwer abgrenzbare, nicht hybride Zwischenform zwischen *R. silvestris* und *R. amphibia*, die z. B. auch im Kanten Zürich vorkommt, wo *R. amphibia* fehlt. Im Gebiet der Schweizerflora ist sie fast ausschliesslich vertreten durch die

Var. ***stenocarpa*** (Godron) Baumann u. Thellung comb. nov.

*Nasturtium stenocarpum* Godron! Not. fl. Montpell., 41 in Mém. Soc. Émul. Doubs sér. 2, V (1854), 21.

*Nasturtium anceps* ssp. *N. stenocarpum* Rouy et Fouc. Fl. France I (1893), 207.

*Nasturtium riparium* Gremli Excurs. fl. Schweiz 1. Aufl. (1867), 80 in nota.

---

[1]) nicht ed. 1 (1762), wie oft angegeben wird! Denn hier führt Leysser (p. 126 n. 603), wie uns Freund Herter-Berlin mitteilen konnte, die Pflanze als Varietät auf: *Sisymbrium amphibium* α Sisymbrium *(palustre)* foliis pinnatifidis serratis. Linn. suec. 2 n. 593 β."

[2]) Dieser Name fehlt, wie noch eine beträchtliche Anzahl anderer aus Crantz' „Classis Cruciformium emendata" (1769), im Index Kewensis.

[3]) Die Auffassung Godrons (Not. fl. Montpell. [1854], 41 seq.), sowie von Rouy et Foucaud (Fl. France I [1893], 207), *N. anceps* Rchb. (l. c.) sei von *N. anceps* DC. (*Sis. anceps* Wahlb.) verschieden und als *N. palustre* × *silvestre* anzusprechen, können wir nach Einsichtnahme der Originalpublikation nicht teilen; denn Reichenbach beschränkt sich hier darauf, *Sis. anceps Wahlenb.* (ohne eigene Beschreibung) in die Gattung *Nasturtium* zu übertragen.

Digitized by Google

***Roripa silvestris*** (L.) Besser Enum. pl. Volhyn. (1822), 27.
*Nasturtium silvestre* R. Br. 1812. Cf. Bull. Herb. Boiss. (1907), 405.

***Roripa pyrenaica*** (L.) Spach Hist. Vég. Phan. VI (1838), 506.
*Nasturtium pyrenaicum* R. Br. 1812.

***Roripa amphibia*** (L.) Besser Enum. pl. Volhyn. (1822), 27.
*Sisymbrium amphibium* L. Spec. pl. (1753), 657 (incl. var.!); Hill Veg. Syst. XII (1773), 21 cum ic. pessima (sine var.).
*Nasturtium amphibium* R. Br. 1812.
*Sisymbrium aquaticum* Garsault Fig. pl. IV (1764), t. 549, Descr. pl. (1767), 324; Miller Gard. Dict. ed. 8 (1768), n. 4.
*Nasturtium aquaticum* Wallr. Sched. crit. (1822), 371, non Garsault (1764).
*Sisymbrium palustre* Garsault Fig. pl. IV (1764), t. 550, Descr. pl. (1767), 324 (= forma foliis subincisis) — non alior.

Linnés *Sysimbrium amphibium* enthält drei koordinierte und benannte Varietäten, die nach der Auffassung mancher Autoren ebenso vielen Arten entsprechen; die Var. *α palustre* soll = *Roripa islandica* (*R. palustris*), die Var. *β aquaticum* = *R. amphibia* Besser, die Var. *δ* [sic!] *terrestre* endlich = *R. anceps* sein. Indessen hat schon Fries (Nov. fl. Suec. ed. 2 [1828], 208) den Nachweis erbracht, dass *Sisymbrium amphibium* L. „ex integro" zu *Roripa amphibia* Besser zu ziehen ist, indem alle drei Varietäten, wenigstens nach Massgabe des jeweils an erster Stelle genannten Synonyms, lediglich Formen von *R. amphibia* sind, während allerdings unter der Var. *α* auch Synonyme von *R. islandica*, unter der Var. *δ* auch solche von *R. anceps* beigemengt sind. Ohne diesen Nachweis müsste die Art *R. aquatica* (Gars.) genannt werden, da die engere Fassung des spezifischen Epithetons „*amphibium*" durch Hill erst vom Jahre 1773 datiert.

***Vogelia*** Medikus Pflanzengatt. (1792), 32 t. 1 f. 6; O. Kuntze Revis. gen. pl. I (1891), 37 — non Gmelin nec Lam.
*Sphaerocarpus* Heister ex Fabr. Enum. pl. h. Helmstad. ed. 2 (1763), 284 — non Adanson 1762–3 [prius!].
*Neslia* Desv. Journ. de bot. III (1814), 162.
*Neslea* Ascherson Fl. Brandenb. I, 63 (1860).

*Vogelia* Gmelin 1791 ist = *Burmannia* L. 1753/4; *Vogelia* Lam. Illustr. II (1792—3), 147 t. 119 ist eine Plumbaginaceen-Gattung, die, weil mindestens einige Monate jünger als *Vogelia* Medikus, von O. Kuntze (Revis. gen. pl. II [1891], 394) in *Dyerophytum* umgetauft worden ist. *Sphaerocarpus* Heister ex Fabr. kann unsere Gattung

Digitized by Google

nicht genannt werden, weil dieser Name schon etwas früher von Adanson für eine gültige Lebermoos-Gattung vergeben worden ist.

***Vogelia paniculata*** (L.) Hornem. Hort. Hafn. II (1815), 594.
*Myagrum paniculatum* L. Spec. pl. (1753), 641.
*Neslia paniculata* Desv. Journ. de bot. III (1814), 162.

***Malcomia*** = Malcolmia (Art. 57)[1]).

*Drosera longifolia* L.

Wir haben in unseren Nomenklaturbegründungen l. c. 493 auseinander zu setzen gesucht, warum diese Kombination zurzeit, so lange die störenden Homonyme nicht ausgemerzt, bezw. aus den Floren verschwunden sind, für uns unanwendbar ist, und aus diesem Grunde können wir uns auch dem Vorgehen Rendle & Brittens (Journ. of Bot. [1907], 438), die für ***D. intermedia*** Drev. u. Hayne *D. longifolia* einsetzen, nicht anschliessen, obschon wir (Schinz) uns im Britischen Museum selbst davon überzeugt haben, dass in der Tat Hudsons *D. longifolia* (ed. 2) der *D. intermedia* entspricht. Wir geben zu, dass die Anwendung der Kombinationen *D. longifolia* L. (für *intermedia*) und *D. anglica* Hudson für die englischen Botaniker keine Inkonvenienzen im Gefolge hat, was aber nicht zutrifft für uns kontinentale Floristen.

***Sempervivum grandiflorum*** Haw. Rev. pl. succ. (1821), 66.
*Sempervivum Gaudini* Christ in N. Denkschr. d. allg. Schweiz. Ges. f. Naturw. XXII (1867), Nr. 7 p. 79 n. 67.
*Sempervivum globiferum* Bot. Mag. t. 507 (1801) et 2115 (1819); Thomas et Schleicher exsicc.; Gaudin Fl. Helv. III (1828), 291 — non L.

Vergl. auch: L. Vaccari in Ann. di bot. III (1905), 29, wo *S. grandiflorum* Haw. bereits als Synonym von *S. Gaudini* Christ angegeben wird. — Die von Haworth (l. c.) gegebene Diagnose des *S. grandiflorum* ist allerdings sehr kurz und zur Identifikation mit *S. Gaudini* nicht ausreichend; dagegen stimmen die von Haworth zitierten Tafeln (Bot. Mag. t. 507 et 2115) vollkommen mit der farbigen Abbildung des *S. Gaudini* durch Vaccari (l. c. t. IX) überein, und auch das im Bot. Mag. (l. c.) angeführte Synonym: „*Sempervivum*

[1]) Die Abänderung von *Mathiola* R. Br. in *Matthiola* halten wir für eine nach Art. 57 gestattete rein orthographische Korrektur; desgleichen scheint uns die Substitution von *Chorispora* DC. (Syst. II [1821], 435) an Stelle von *Chorispermum* R. Br. (in Aiton Hort. Kew. ed. 2, IV [1812], 129) wegen der allzugrossen Ähnlichkeit des letzteren Namens mit *Corispermum* L. nach Art. 51, 1 vollkommen gerechtfertigt.

Digitized by Google

*rosulis ciliatis* . . . . . Haller Hist. n. 950" bezieht sich gerade auf die Pflanze der penninischen Alpen.

***Fragaria vesca*** L. Fl. Suec. ed. 2 (1755), 175 (typus, excl. var. *γ*) ex p. ?[1]); Hudson Fl. Angl. (1762), 194 (forsan excl. var. *β* „Fragaria fructu hispido Ger. Em. 998") ex p.; Gouan Hort. Monspel. (1762), 247 (cum syn. unico: „*Fragaria vulgaris.* [Magnol] Bot. Mons. 99. Tour. 695") ex p. (excl. loc. ad *F. viridem* pertinente); Koch Syn. fl. Germ. Helv. ed. 2, I (1843), 234 et auct. plur.

*Fragaria vesca α sylvestris* L. Spec. pl. (1753), 495 ex p.
*Fragaria sylvestris* Duchesne Hist. nat. frais. (1766), 61.
*Fragaria vulgaris* Ehrh. Beitr. VII (1792), 21.

*Fragaria vesca* L. Spec. pl. (1753), 494—5 umfasst in Form von drei koordinierten und benannten Varietäten (*α sylvestris, β sativa, γ chiloensis*) eine grössere Anzahl von Arten; die var. *sylvestris* allein schliesst deren drei (*Fr. vesca* auct., *Fr. viridis* Duchesne = *Fr. collina* Ehrh. und *Fr. moschata* Duchesne = *Fr. elatior* Ehrh.) ein, die zuerst von Duchesne (1766) unterschieden worden sind. Nachdem jedoch schon zuvor Linné selbst (1755) und Hudson (1762) die Bezeichnung *Fr. vesca* in engerer Fassung für eine Spezies mit Typus (der der *Fr. vesca α sylvestris* L. entspricht) und einer Varietät, Gouan (1762) für eine Spezies ohne Varietäten (= *Fr. vesca* auct. + *Fr. viridis* Duch.) verwendet hatten, glauben wir den Namen nach den von uns (Bull. Herb. Boiss. 1907, 98—100) auseinandergesetzten Prinzipien nicht ganz fallen lassen zu müssen, sondern ihn im hergebrachten Sinne für *Fr. sylvestris* Duch. (*Fr. vulgaris* Ehrh.) beibehalten zu dürfen.

***Potentilla verna*** Spec. pl. (1753), 498 ex minima p., Fl. Suec. ed. 2 (1755), 177 ex p., Spec. pl. ed. 2, I (1762), 712 ex p.; Hudson Fl. Angl. ed. 2 (1778), 224 ex p.; Vill. Hist. pl. Dauph. III (1789), 564; Sm. Fl. Brit. II (1800), 550; Gaudin Fl. Helv. III (1828), 396; Koch Syn. fl. Germ. Helv. I (1835), 217, ed. 2, I (1843), 241 ex auct. mult.; Rendle & Britten List Brit. Seed-Pl. and Ferns (1907), 10 et in Journ. of Bot. XLV (Dec. 1907), 438; Druce List of Brit. Pl. (1908), 23.

*Potentilla minor* Gilib. Fl. Lituan. V (1782), 251? et Exercit. phytol. I (1792), 362 (saltem ex p.); Ascherson Fl. Brandenb. I, 935 (1864).

*Potentilla pusilla* Host Fl. Austr. II (1831), 39.

---

[1]) Linné hat hier offenbar in erster Linie (wo nicht ausschliesslich) *F. vesca* auct. im Auge gehabt; *Fr. moschata* Duch. ist in Skandinavien wohl nur verwildert, *Fr. viridis* Duch. im Norden sehr selten.

Digitized by Google

*Potentilla Neumanniana* Rchb. Fl. Germ. excurs. sect. 3 (1832), 593.
*Potentilla Tabernaemontani* Ascherson in Verh. bot. Ver. Brandenb. XXXII, 1890 (1891), 156; Schinz & Keller Fl. d. Schweiz ed. 2 (1905), I 268, II 113.
*Potentilla rubens* St. Amans Fl. Agen. (1821), 170 — non Vill. nec alior.
*Potentilla serotina* Nyman Consp. fl. Eur. I (1878), 226 (pro syn.); Zimmeter Europ. Arten Potent. (1884), 18 — an Vill.?
*Potentilla opaca* Zimmeter Eur. Arten Pot. (1884), 17 et Beitr. Kenntn. Pot. (1889), 30; Schinz & Keller Fl. d. Schweiz ed. 1 (1900), 250 — non L.

Wir hatten uns (Bull. Herb. Boiss. VII [1907] 513) gegenüber Rendle u. Britten für die Ersetzung des auch in vielen kontinentalen Floren gebräuchlichen Namens *P. verna* „L." durch *P. Tabernaemontani* Ascherson ausgesprochen. Seither ist uns der auf unsere Auffassung modifizierend wirkende Umstand bekannt geworden, dass die von Zimmeter (Beitr. Potentilla [1889], 31; cf. Ascherson l. c. [1891], 142) und Ascherson l. c. (1891), 150 angenommene Identität des Linné'schen Herbarexemplars der *P. verna* mit *P. Crantzii* (Crantz) Beck (*P. salisburgensis* Haenke, *P. alpestris* Haller fil., *P. villosa* (Crantz) Zimmeter) keineswegs feststeht; vielmehr ist nach einer neuen Untersuchung von Domin (Th. Wolf briefl.) das Exemplar zu schlecht erhalten, um die Unterschiede zwischen *P. Tabernaemontani* und *P. Crantzii* sicher erkennen zu lassen, und nach Rendle & Britten (Journ. of Bot. XLV [Dec. 1907], 438) würde es sogar positiv zu *P. Tabernaemontani* gehören.

In Linnés Species plantarum ed. 1 ist *P. Tabernaemontani* nur zum kleinsten Teil enthalten, nämlich als Bestandteil der an erster Stelle zitierten Pflanze der Flora Suecica ed. 1 (1745), 152 n. 419, während die folgenden Synonyme teils zu *P. Crantzii,* teils zu *P. aurea* L. (1756) gehören. Allerdings beziehen sich auch in der Flora Suecica ed. 1 die Synonyme teils auf *P. Crantzii,* teils auf *P. aurea,* und auch die Diagnose „P. foliis radicalibus quinatis acute incisis, caulinis ternatis, caule declinato" passt mindestens ebensogut auf *P. Crantzii* wie auf *P. Tabernaemontani;* doch ist es nach dem Urteil der schwedischen Floristen (so z. B. neuerdings K. Johannsson „Beitr. z. Kenntn. d. Formenkreises der *Potentilla verna* (L. ex p.) Lehm. et auct. plur." in Arkiv för Bot. IV [1905] Nr. 2) undenkbar, dass Linné die in Südschweden bis nach Upsala hinauf häufig mit *P. Crantzii* zusammen vorkommende (Th. Wolf br.) *P. Tabernaemontani* nicht gekannt haben sollte, obwohl er sie von der Pflanze

Digitized by Google

der Flora Lapponica [= *P. Crantzii*] nicht unterschieden hat. Vielleicht darf auch der Umstand, dass Linné 1753 die Diagnose der *P. verna* gegenüber der „Flora Suecica" in „foliis ... acute serratis" [statt „incisis"] abgeändert hat, in dem Sinne gedeutet werden, dass der Autor 1753, wenigstens zum Teil, *P. Tabernaemontani* im Auge hatte. Ganz deutlich ist diese letztere Art in *P. verna* L. Fl. Suec. ed. 2 (1755), 177 enthalten, indem einerseits die Beschreibung ein Gemenge aus Charakteren von *P. Tabernaemontani* und von *P. Crantzii* aufweist (Th. Wolf br.), und anderseits hier zum erstenmal[1]) die zu *P. Tabernaemontani* gehörigen Synonyme „Quinquefolium minus repens luteum. *Bauh. pin.* 325" und „Pentaphyllum s. Quinquefolium minus *Tabern. ic.* 123" aufgeführt werden. — Die Verwendung von *P. verna* „L." für *P. Tabernaemontani* steht übrigens auch im Einklang mit der sukzessiven Aufteilung der komplexen Linné'schen Art. Nach der Aufstellung von *P. heptaphylla* L. 1755 (*P. opaca* L. 1759, *P. rubens* (Crantz) Zimmeter) und *P. aurea* L. 1756, von denen die erstere wahrscheinlich, die letztere sicher in *P. verna* L. 1753 enthalten ist, besteht *P. verna* L. Spec. pl. ed. 2 (1762) nur noch aus *P. Crantzii, Tabernaemontani* und allenfalls *P. arenaria* Borkh. Eine weitere Zergliederung der Linné'schen Art hat dann Crantz vorgenommen, indem er sie in *Fragaria verna* (1763) und *Fr. Crantzii* (1766) zerlegte. Die erstere Art enthält ausser *P. Tabernaemontani* auch noch, wie aus der Diagnose („Habitus ad vias pulverulentus, in montibus viridis") hervorgeht, *P. arenaria* Borkh. oder *P. Gaudini* Gremli. Der Name *P. verna* kann also nur für eine der drei letztgenannten Arten Verwendung finden, und zwar ist er schon frühzeitig, z. B. von Pollich 1777 (nach Th. Wolf br.) unter Ausschluss von *P. arenaria* im Sinne der *P. Tabernaemontani* präzisiert worden, welchem Vorgehen sich zahlreiche Autoren angeschlossen haben, während *P. arenaria* und *Gaudini,* wenn überhaupt, jedenfalls viel seltener als „*P. verna*" bezeichnet worden sind. Wir sind daher mit dem rezenten Monographen der Gattung *Potentilla,* Dr. Th. Wolf-Dresden, dem wir wertvolle Mitteilungen aus seiner inzwischen publizierten Monographie verdanken, der Meinung, dass der Name *P. verna* L. nach Art. 5 der Wiener Regeln („... Wo endlich Regeln fehlen, oder wo die Folgerungen aus den Regeln zweifelhaft sind, ist der herkömmliche Gebrauch als Regel anzusehen.") für *P. Tabernaemontani* Ascherson beibehalten kann und muss, und dass die Umwälzung der z. B. von Koch adoptierten Nomenklatur von *P. verna* L. und *opaca* L. durch Zimmeter (Europ. Arten Potent. [1884] und Beitr. Kenntn.

[1]) Nicht schon in Spec. pl. ed. 1 (1753), wie Ascherson in Verh. bot. Ver. Brandenb. XXXII, 1890 (1891), 151 irrig angibt.

Digitized by Google

Potent. in Progr. d. k. k. Oberrealschule Innsbruck 1888—9 [1889], 30—1) und Ascherson (l. c. 1891) nicht genügend gerechtfertigt war, während wir umgekehrt das Vorgehen von W. O. Focke (Abh. Naturw. Ver. Bremen X [1889], 415—9), Čelakovský (Sitzber. kgl. böhm. Ges. Wissensch. 1889 [1890], 452—9), Briquet (Florule Mt. Soudine in Rev. gén. Bot. V [1893], 407—14), Burnat (Fl. Alpes-Marit. II [1896], 260), Johansson (Arkiv för Bot. IV [1905], n. 2), Rendle u. Britten (Journ. of Bot. XLV [Dec. 1907], 438) u. A., die mit mehr oder weniger triftigen Gründen für die Beibehaltung des Namens *P. verna* L. im Koch'schen Sinne eintraten, nach dem heutigen Stande unserer Kenntnisse als vollkommen berechtigt bezeichnen müssen.

Die Wiedereinführung von *P. verna* L. em. für *P. Tabernaemontani* Ascherson empfiehlt sich schon aus dem Grunde, weil die Frage, welcher Name als Ersatz für *P. verna* verwendet werden soll, ungemein schwierig zu lösen scheint. *P. Tabernaemontani* Ascherson (1891) entspricht nämlich den Nomenklaturgesetzen (Art. 44 der Wiener Regeln) nicht; vielmehr müsste, da die Identität der *P. minor* Gilib. mit *P. Tabernaemontani* nicht feststeht[1]), der Name einer von *P. verna* auct. abgetrennten Kleinspezies, etwa *P. pusilla* Host (1831)[2]), in erweitertem Sinne verwendet werden, und die Nachteile eines solchen Vorgehens liegen auf der Hand.

***Potentilla heptaphylla*** L. Cent. I. pl. (1755), 13! — [non Miller 1768, quae = *P. hirta* L. 1753].

*Potentilla opaca* L. Amœn. acad. IV (1759), 274 (excl. syn. n. 2 et 3) et L. herb. (teste K. Domin sec. Th. Wolf in

[1]) Nach Ascherson (Verh. bot. Ver. Brandenb. XXXII, 1890 [1891], 154) ist es aus pflanzengeographischen Gründen sehr wohl möglich, dass Gilibert *P. arenaria* Borkh. oder *P. rubens* (Crantz) Zimmeter vor sich gehabt hat. Die erstere Art scheint allerdings nach der Beschreibung in den „Exercitia phytologica" I (1792), 362—3: „foliolis laete virentibus" ausgeschlossen; die Originaldiagnosa der „Flora Lituanica" (1781) konnten wir uns so wenig als Ascherson verschaffen, da der betr. Teil dieses Werkes wie in Berlin, so auch in Kew fehlt.

[2]) Die Zugehörigkeit von *P. serotina* Vill. Hist. pl. Dauph. III (1789), 564 zu *P. verna* auct. scheint sehr unsicher, da sich die Beschreibung („foliis apice incisis hirsutis" — „Ses feuilles sont un peu plus grandes et plus decoupées que celles de la précedente [*P. verna*]") und die Angabe des Vorkommens ebenso gut auf *P. Crantzii (salisburgensis)* beziehen können; der Name scheint also auch nicht viel klarer als *P. verna* L. 1762 oder *P. minor* Gilib. [ein authentisches Herbarexemplar der *P. serotina* Vill. scheint nicht zu existieren; vergl. Ascherson l. c. (1891), 152 und die dort genannten weiteren Literaturstellen]. — „*P. aestiva* Haller fil. (1818)", wie manche Autoren zitieren, existiert in dieser Form nicht; die Pflanze heisst vielmehr in der ersten Publikation (Haller fil. in Ser. Mus. Helv. I [1823! nicht 1818], 52): „*Potentilla verna*.... [var.] 8. *aestiva, elatior*. Nobilis varietas. Caulis pauci spithamaei...." etc. und wird von Gaudin (Fl Helv. III [1828], 398) als „[ssp.] II. Potentilla *verna* aestiva Hall. fil." aufgeführt.

Digitized by Google

litt.); Jacq. Ic. pl. rar. I (1781—6), t. 91; Koch Syn. fl. Germ. Helv. ed. 2, I (1843), 242; Lehmann Rev. Pot. (1856), 123; Th. Wolf Pot. Stud. I (1901), 55, II (1903), 32 et auct. mult. — [non Zimmeter, quae = *P. verna* L. em. Koch].

*Fragaria Rubens* Crantz Stirp. Austr. II (1763), 14.

*Potentilla rubens* Zimmeter Eur. Arten Pot. (1884), 16; em. Ascherson in Verh. bot. Ver. Brandenb. XXXII, 1890 (1891), 149; Focke in Hallier-Wohlfahrt Kochs Syn. I, 814 (1892); A. et G. Syn. VI, 801 (1904); Schinz et Keller Fl. d. Schweiz ed. 1 (1900), 248, ed. 2 (1905) I, 266, II, 113.

*Potentilla dubia* Mönch Enum. pl. Hass. (1777) 433 — [non (Crantz) Zimmeter].

*Potentilla opaca* L. (1759), deren Identität mit *P. rubens* (Crantz) Zimmeter nach Th. Wolf ausser Zweifel steht[1]), heisst, wie Ascherson u. Graebner (Syn. VI, 807) aufmerksam machen, und wie wir uns selbst durch Autopsie überzeugt haben, ursprünglich (1755) *P. heptaphylla;* dass Linné eine einfache Umtaufung seiner Spezies vorgenommen hat, geht aus der Textvergleichung[2]) und aus dem Umstand hervor, dass nach Ascherson (Verh. bot. Ver. Brandenb. XXX, 1890 [1891], 148 Fussnote) das Linné'sche Herbarexemplar der *P. opaca* die daneben geschriebene Notiz „*heptaphyll.*" trägt. Der Annahme von *P. heptaphylla* L. scheint, da *P. heptaphylla* „Miller" (in der unrichtigen Bedeutung von *P. thuringiaca* Bernh.) schon seit einiger Zeit aus den Floren verschwunden ist, kein ernstliches Hindernis im Wege zu stehen.

*Medicago minima* (L.) **Desr. in Lam.** Encycl. III (1789), 636.

Wie Rendle u. Britten (Journ. of Bot. XLV [Dec. 1907], 437) nachweisen, ist *M. minima* Bartal. Catal. piant. Siena (1776), 61 eine zweifelhafte Pflanze, da der Autor als Beschreibung diejenige der Gesamtart *M. polymorpha* L. kopiert und ausserdem ein nicht zu *M. minima* Desr. et auct. omn. gehörige Bauhin'sches Synonym aufführt.

*Vicia Cracca* L. ssp. incana **(Gouan)** Rouy Fl. France V (1899), 234.

*Vicia incana* Gouan Fl. Monspel. (1765), 189! (excl. loc.); Vill. Hist. pl. Dauph. I (1786), 342, III (1789), 449 — [non

[1]) Nach Ascherson (Verh. bot. Verh. Brandenb. XXXII, 1890 [1891], 146) und Ascherson u. Graebner (Syn. VI, 806 [1904]) würde *P. opaca* L. herb. zu *P. verna* auct. (*P. Tabernaemontani* Ascherson) gehören.

[2]) *P. heptaphylla* L. enthält nur ein einziges, und zwar zu *P. opaca* auct. (*rubens*) gehöriges Synonym; in dem Neudruck der „Centuria I plantarum" in den „Amœnitates academicae" werden zwei weitere Synonyme hinzugefügt, von denen das eine zu *P. arenaria* Borkh. gehört, während das andere strittig ist.

Digitized by Google

Lam. Fl. franç. II (1778), 560, quae (ex syn. et loc.) = *V. benghalensis* L. Spec. pl. (1753), 736 = *V. atropurpurea* Desf. Fl. Atl. II (1799), 164?].

*Vicia Gerardi* All., DC. et auct. mult. — non Jacq.; cf. Bull. Herb. Boiss. 1907, 189.

*V. incana* Gouan, welcher Name seit seiner Aufstellung in völliger Vergessenheit gelegen zu haben scheint — auch im Index Kewensis wird er nicht aufgeführt —, ist begründet auf „Vicia pedunculis multifloris, floribus imbricatis secundis, caule hirsuto, stipulis denticulatis .... *Gerard. gallop. icon. pag.* 496", welches Polynom gleichzeitig als Diagnose der Art figuriert. Wir halten diese Tatsache für wichtiger als den Umstand, dass die von Gouan angegebenen Lokalitäten (Perauls [= Pérols], Lattes!!, Cete [= Cette]), sowie die am Schluss beigefügte Bemerkung „Caulis ... pilis argenteis tectus", die mit der obigen Diagnose in bemerkenswertem Widerspruch steht, sich auf eine Form der *V. Cracca* L. mit angedrückter silberiger Behaarung (var. *argentea* Cosson et Germain = *V. Gerardi* DC. Fl. franç. IV, 591 excl. syn. sec. Loret et Barrandon) beziehen.

***Euphorbia Lathyris*** L. Amœn. acad. III (1756), 119; Syst. ed. 10, II (1759), 1048; Spec. pl. ed. 2, I (1762), 655.

*Euphorbia Lathyrus* L. Spec. pl. (1753), 457; cf. Bull. Herb. Boiss. 1907, 494.

„*Lathyrus*", wie Linné 1753 schreibt, ist ein offenkundiger Fehler, begründet auf drei unrichtig geschriebene Zitate von Bauhin, Camerarius und Fuchsius; diese drei Autoren schreiben nämlich übereinstimmend „*Lathyris*", und nicht wie Linné unrichtig wiedergibt, „*Lathyrus*". Schon 1756, in der zweiten Ausgabe von J. Wimans Dissertation über *Euphorbia* (Amœn. III l. c.), setzt Linné sowohl bei der Speziesbezeichnung als auch bei den Synonymen richtig „*Lathyris*" an Stelle von „*Lathyrus*". Der Fall ähnelt in mancher Hinsicht demjenigen von *Hypochœris pontana* L. (vergl. Bull. Herb. Boiss. 1907, 346, 579); doch besteht ein wesentlicher Unterschied darin, dass Linné die Schreibweise „*pontana*" in allen Auflagen seiner Schriften beibehielt, während er, wie wir sahen, die fehlerhafte Schreibweise „*Lathyrus*" schon in der ersten auf die „Species plantarum" ed. 1 folgenden Publikation abgeändert hat.

***Tilia europaea*** L. Sp. pl. (1753), 514 excl. var.; Sm. Engl. Bot. IX (1797), t. 610 et Engl. Fl. III (1825), 17; Druce List. Brit. Pl. (1908), 14 — non Miller Gard. Dict. ed. 8 (1768), n. 2, quae = *T. platyphyllos* Scop. 1772.

Digitized by Google

*Tilia vulgaris* Hayne Arzneigew. III (1813), t. 47.
*Tilia intermedia* DC. Prodr. I (1824), 513.

Linnés *Tilia europaea* umfasst alle drei in der Schweiz vorkommenden Lindenarten: *T. platyphyllos* Scop. 1772 = *T. grandifolia* Ehrh. 1790, *T. vulgaris* Hayne 1813 = *T. intermedia* DC. 1824 und *T. cordata* Miller 1768 = *T. ulmifolia* Scop. 1772 = *T. parvifolia* Ehrh. 1790. Unter dem Typus seiner *T. europaea* verstand Linné jedoch offenbar, nach Massgabe des Synonyms „*Tilia femina, folio majore* Bauh. pin. 426“ [1]), die mittlere Linde (*T. vulgaris*); denn er führt die von Bauhin bereits unterschiedenen gross- und kleinblätterige Linde („*Tilia montana maximo folio*“, bezw. „*Tilia femina, folio minore*“ Bauh. Pinax p. 426) als var. β bezw. γ auf; auch die übrigen Linné'schen Varietäten verteilen sich auf *T. platyphyllos* (var. δ [nach Beck] und ε) und *T. cordata* (var. ζ). Das Vorgehen Millers, der (1768) *T. europaea* im Sinne von *T. platyphyllos* verwendet hat, kann daher nicht als massgebend betrachtet werden. — Dippel (Handb. d. Laubholzkunde III [1893], 60) gibt als Synonym von *T. platyphyllos*: „*T. europaea* Miller, nicht L.“ an und zitiert (l. c. p. 62) zu *T. vulgaris*: „*T. europaea* Sm., nicht L.“; was jedoch unter der richtigen *T. europaea* „L.“ zu verstehen sein soll, wird nicht gesagt.

*Callitriche palustris* L. (1753) ssp. ***androgyna*** (L.) Schinz et Thellung.
*Callitriche androgyna* L. Cent. I. pl. (Febr. 1755), 31!
*Callitriche verna* L. Fl. Suec. ed. 2 (Oct. 1755), 2.

***Callitriche hermaphroditica*** L. Cent. I. pl. (Febr. 1755), 31!
*Callitriche autumnalis* L. Fl. Suec. ed. 2 (Oct. 1755), 2.

***Evonymus europæus*** L. Fl. Suec. ed. 2 (1755), 73 et auct. plur.
*Evonymus europaeus* var. *tenuifolius* L. Spec. pl. (1753), 197 (ex p. ?).
*Evonymus vulgaris* Miller Gard. Dict. ed. 8 (1768), n. 1 (ex p. ?); Scop. Fl. Carn. ed. 2, I (1772), 66.

Vergl. Bull. Herb. Boiss. 1907, 190. Wir hatten damals angenommen, dass Miller (1768) als erster eine Zerlegung der

[1]) Das zweite von Linné zum Typus seiner Art zitierte Synonym „*Tilia urbana* Gesn. tab. III“ dürfte sich ebenfalls am ehesten auf *T. vulgaris* Hayne beziehen. C. Gesner schreibt nämlich (Tabulae collectionum (1553) [als Anhang zu Kyberus Lex. rei herb. (1553)], 499—500) über die fragliche Linde (unter der Rubrik „Maio florent“): „*Tilia urbana*, circa die D. Urbani (qui est Maji 25.) floret, sylvestris tardius quam sativa.“ Wie schon Gaudin (Fl. Helv. III [1828], 442) hervorhebt, wird gerade *T. vulgaris* bei uns häufig als Alleebaum gepflanzt.

Digitized by Google

Linné'schen Kollektivspezies vorgenommen habe, wobei er für die Var. *tenuifolius* das neue spezifische Epitheton *vulgaris* schuf. Seither haben wir uns jedoch überzeugt, dass schon Linné selbst, und zwar im Jahre 1755, die Var. *tenuifolius* zur Art erhoben hat; denn *E. europaeus* L. Fl. Suec. ist nach Synonymen und Fundort identisch mit *E. europaeus* var. *tenuifolius* L. Spec. pl., d. h. *E. vulgaris* Miller, Scop. Der in den meisten Floren gebrauchte Name *E. europaeus* L. kann also beibehalten werden.

***Elatine Hydropiper*** L. Spec. pl. (1753), 367 ex p.; Oeder Fl. Dan. fasc. III (1764), 7, t. 156!; ?Schkuhr Handb. I (1794), 345, t. 109[b]! [non t. 109[a], quae = *E. major* A. Br.]; Seubert Elat. Mon. (1842), 46, t. III f. 1—8; Fries Summa veg. Scand. I (1846), 161; Hardy Mon. Elat. in Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. X (1871), 190 et auct. plur.

*Elatine siphosperma* Dumort. Fl. Belg. prodr. (1827), 111 (ex p.?) et Exam. crit. d. Elat. in Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. XI (1872), 273 [non Hardy Mon. Elat. l. c. (1871), 191, quae = *E. gyrosperma* Düben 1839 sec. Moesz in Mag. Bot. Lapok VII (1908), 14].

? *Elatine Hydropiper γ Schkuhriana* Gaudin Fl. Helv. III (1828), 52.

? *Elatine Schkuhriana* Hayne in Rchb. Fl. Germ. excurs. sect. III (1832), 639.

? *Elatine nodosa* Walker-Arnott in Edinb. Nat. Geogr. Journ. I (1830), 431.

*Elatine Oederi* Moesz in Mag. Bot. Lapok VII (1908), 11 et 20.

Kürzlich hat sich G. Moesz (Magyar Bot. Lapok VII [1908], 10), wie schon früher Dumortier (Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. XI [1872], 261—2), für die gänzliche Verwerfung des Namens *E. Hydropiper* L. (als Artnamen) ausgesprochen, mit der Begründung, dass Linnés Diagnose auf etwa 15 Arten passt, und dass keines der drei von Linné zitierten Synonyme mit derjenigen Art zusammenfällt, die heute allgemein als *E. Hydropiper* „L." bezeichnet wird. Gleichwohl scheint die Frage, welche Pflanze diesen letzteren Namen mit dem grössten Recht zu führen hat, nicht allzuschwer zu beantworten, wenn man bedenkt, dass Linné die Gattung *Elatine* in seine achte Klasse (Octandria) stellt [die sechsmännige *E. hexandra* (Lapierre) DC. wird von ihm als var. β vom Typus abgetrennt] und nach der Diagnose der *E. Hydropiper* „foliis oppositis" zuerst „Flora Lapponica" und „Flora Suecica" zitiert; in Skandinavien kommen nämlich von achtmännigen Arten mit gegenständigen Blättern nur *E. Hydropiper* auct. und *E. orthosperma* Düben (Bot. Not. I [1839], 88) vor, welch'

Digitized by Google

letztere Art von ihrem Autor (oder wenigstens von Fries Summa veg. Scand. l. c.) im Gegensatz zu der somit im Sinne der gekrümmtsamigen *E. Hydropier* auct. präzisierten *E. Hydropiper* „L." aufgestellt worden ist.[1]) Damit scheint die Beibehaltung des Namens *E. Hydropiper* in dem in den neueren floristischen Werken — frühere Autoren, wie De Candolle und Reichenbach, verstanden *E. major* A. Br. unter der Bezeichnung *E. Hydropiper* — eingebürgerten Sinn genügend gerechtfertigt, umsomehr, da ja auch die erste Präzision des Linné'schen Namens durch Oeder (1764) in diesem gleichen Sinne stattgefunden hat. — Eine Schwierigkeit besteht noch darin, dass nach Hardy l. c. (1871) und Moesz l. c. (1908) der Typus der *E. Hydropiper* L. em. auct. aus zwei Spezies besteht, nämlich aus einer Art mit kurzgestielten Laubblättern, deren Stiel kürzer ist als die Spreite (*E. siphosperma* Hardy 1871 non Dumort. 1872; hieher vielleicht auch *E. Hydropiper* Schkuhr nach der Abbildung und folglich *E. Schkuhriana* Hayne, sowie [nach Hardy] *E. nodosa* Walker-Arnott, *E. octandra* DC.[2]) und [nach Moesz] *E. gyrosperma* Düben [1839] und *E. Hardyana* Dumort. [1872]), und einer Art mit langgestielten Laubblättern, deren Stiel länger ist als die Spreite (*E. Hydropiper* auct., *E. siphosperma* Dumort. 1827 ex p. et 1872, non Hardy 1871, *E. Oederi* Moesz 1908), zu welch' letzterer unsere Schweizerpflanze zu gehören scheint; wir glauben jedoch nicht, dass eine spezifische Scheidung auf Grund des sicherlich bis zu einem gewissen Grad von den Standortsverhältnissen (Wasserstand) abhängigen Merkmals des längeren oder kürzeren Blattstiels gerechtfertigt ist, umsomehr, da auch Rouy und Foucaud (Fl. France III [1896], 323) von der Trennung der beiden genannten Formen vollkommen Abstand nehmen. Überdies spricht sich auch Moesz (1908) nicht näher über die ihm offenbar nur aus der Beschreibung bekannte *E. siphosperma* Hardy aus, und es muss hinzugefügt werden, dass an den in den Herbarien unter dem Namen *E. Hydropiper* liegenden Pflanzen die meisten Laubblätter gerade so lang sind wie ihr Stiel, die oberen länger, die unteren oft etwas kürzer, so dass die Zwischenformen zwischen den von Oeder bezw. Schkuhr abgebildeten und von

---

[1]) *E. orthosperma* Düben wird übrigens von den meisten skandinavischen Autoren (so schon von Fries l. c. und von Hartmann Handb. Skand. Fl. ed. 11 [1879], 249) als Varietät der *E. Hydropiper* aufgefasst, von der sie sich lediglich durch die nur leicht bogenförmig (nicht hufeisenförmig) gekrümmten Samen unterscheidet; indessen scheinen, obgleich die beiden Formen fast stets gemengt wachsen, keine Übergänge vorzukommen. Wenn daher Rouy und Foucaud (Fl. France III [1896], 323) *E. orthosperma* direkt als Synonym zu *E. Hydropiper* Schkuhr ziehen, so sind sie damit wohl doch etwas zu weit gegangen.

[2]) Quid? Dieser Name ist in der Literatur sonst nicht aufzufinden.

Digitized by Google

Hardy und Moesz spezifisch getrennten Extremen häufiger zu sein scheinen als diese selbst.

***Helianthemum nummularium*** (L.) Miller Gard. Dict. ed 8 (1768), n. 12 ex descr. (non Miller herb.); Dunal in DC. Prodr. I (1824), 280; E. Janchen in Österr. bot. Zeitschr. LVIII (1908), 413, 429—30 — non Grosser (1903).

*Cistus nummularius* L. Spec. pl. (1753), 527 et L. herb. (cf. E. Janchen l. c., ic. p. 410) — non Cav. (1793).

*Cistus Helianthemum* L. Spec. pl. (1753), 528.

*Cistus helianthemoides* Crantz Stirp. Austr. II (1763), 69.

*Helianthemum vulgare* Garsault Fig. pl. (1764) III, t. 297 (cf. Thellung in Bull. Herb. Boiss. 1908, 791); Gärtner Fruct. sem. I (1788), 371, t. 76.

*Helianthemum Helianthemum* Karsten Ill. Repet. pharm.-med. Bot. (1886), 129.

*Helianthemum Chamaecistus* Miller Gard. Dict. ed. 8 (1768), n. 1.

Der älteste für einen Teil der von den mitteleuropäischen Floristen als *H. vulgare* oder *H. Chamaecistus* aufgeführten Gesamtart aufgestellte Name ist (neben *Cistus Helianthemum* L., mit welchem sich in der Gattung *Helianthemum* keine gültige Kombination bilden lässt) *Cistus nummularius* L.; dieses spezifische Epitheton muss also beibehalten werden, sofern es nicht zu Verwirrungen und Irrtümern Anlass bietet. Nun hat allerdings Grosser in seiner Bearbeitung der *Cistaceae* in Englers Pflanzenreich (14. Heft [IV. 193], 1903) auf Seite 109 ein *Helianthemum nummularium* (Cav.) Grosser aufgestellt, das aber prioritätsrechtlich in keiner Weise begründet ist (*Cistus nummularius* Cav. Ic. et descr. pl. Hisp. II [1793], 34 t. 142 beruht auf einer irrigen Deutung des homonymen Linné'schen Namens) und den viel bekannteren Namen *Hel. paniculatum* Dunal (in DC. Prodr. I [1824], 278) zu führen hat. Vergl. die eingehende Studie von E. Janchen (l. c.).

*Epilobium parviflorum* **Schreber** Spicil. fl. Lips. (1771), Consp. n. 314!
*Chamaenerion (Epilobium) parviflorum* Schreber l. c. (1771), 146.

*Epilobium roseum* **Schreber** l. c. (1771), Consp. n. 316!
*Chamaenerion (Epilobium) roseum* Schreber l. c. (1771), 147.

*Epilobium obscurum* **Schreber** l. c. (1771), Consp. n. 318!
*Chamaenerion (Epilobium) obscurum* Schreber l. c. (1771), 147.

Während wir früher (Bull. Herb. Boiss. 1907, 514) im Anschluss an Burnat (Fl. Alpes-Marit. III, 2 [1902], 179—88) die Auffassung vertraten, als Autoren der drei genannten Arten seien „(Schreber)

Digitized by Google

Withering" bezw. „(Schreber) Retz." bezw. „(Schreber) Roth" zu zitieren, haben wir uns seither durch Autopsie des uns damals nicht zugänglichen Schreber'schen Werkes überzeugt, dass, wie uns E. Janchen-Wien (briefl.) und Rendle u. Britten (Journ. of Bot. XLV [1907], 438) aufmerksam gemacht hatten, Schreber schon selbst die betreffenden Namenskombinationen in der Gattung *Epilobium* gebildet hat, und zwar in dem am Schluss des „Spicilegium florae Lipsicae" angefügten „Conspectus plantarum", worin die sämtlichen Namen, und zwar mit Verweis auf die betreffenden Nummern des „Spicilegium", nochmals aufgeführt werden.

***Epilobium alpestre*** (Jacq.) Krocker Fl. Siles. I (1787), 605.

*Epilobium trigonum* Schrank Baier. Fl. I (1789), 644.

Vergl. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LI (1906), 493 und Bull. Herb. Boiss. (1907), 191, 575. Ein weiteres und wohl entscheidendes Argument dafür, dass „*Epilobium alpestre Jacquini*" Krocker nicht als Polynom, sondern als Binom mit Autor aufzufassen ist, liefert, wie uns Dr. E. Janchen-Wien aufmerksam macht, das Register („Generum et Specierum Index") im dritten Bande der „Flora Silesiaca" („MDCCCIXV" [sic!]) p. XXIX, wo die Pflanze als „Epilobium alpestre Jacqu." aufgeführt wird. Zur gleichen Überzeugung führt auch die Betrachtung der folgenden Krocker'schen Bezeichnungen: „Leontodon Danubiale Jacquin. *Glabrum nostrum*" II, 2 (1790), 289; „Leontodon Danubiale Jacq." Ind. p. XXXV. „Vicia militans Cranzii. An multiflora Pollichii? — ac Leyseri?" II, 2 (1790), 176; „Vicia militans Cranz" Ind. p. LI.

***Chaerophyllum*** L. Spec. pl. (1753), 258 ex maxima p. (excl. spec. n. 1), Gen. pl. ed. 5 (1754), 125; Drude in Engler-Prantl Natürl. Pflanzenfam. III, 8 (1898), 151 et auct. fere omn.

*Myrrhis* [Tourn.] Adanson Fam. pl. II (1763), 96 et 580 ex p. (excl. syn. *Odorata* Riv.); Haller Hist. Helv. I (1768), 329 („seminibus evidenter sulcatis") excl. spec. ultima [= *Scandix Pecten Veneris* L.]; [„Tourn., Gaertn.[1])"] A. et G. Fl. Nordostd. Flachl. (1898—9), 535 — non Scop.

***Chaerefolium*** Haller[2]) Hist. Helv. I (1768), 327 („semina rostrata,

[1]) Bei Gärtner (Fruct. sem.) findet sich *Myrrhis* nirgends als gültiger Gattungsname. — A. u. G. geben (l. c. 827) als Autor von *Myrrhis aurea, bulbosa* und *hirsuta:* „(L.) Spr.", von *M. temula:* „(L.) Gaertn." an; alle vier Kombinationen sind jedoch schon 1785 von Allioni in seiner „Flora Pedemontana" gebildet worden, welchem Autor sicherlich die Priorität vor Sprengel und wohl auch vor Gärtner zukommt.

[2]) Schon Allioni (Syn. meth. stirp. h. Taur. in Misc. Taur. II, 1760—1 [1762?], 67) verwendet den Namen *Chaerefolium,* jedoch ohne Definition, indem er lediglich ein „*Chaerefolium sylvestre*" und ein „*Ch. hirsutum*" (nomina nuda!) aufführt.

Digitized by Google

non sulcata") cum syn.: Chaerophyllum Tournef. t. 166, Scandicis spec. L. n. 358.

*Anthriscus* Pers. Eucheir. I (1805), 320 ex p.; Sprengel in Comm. Gotting. II (1813), 6; emend. Hoffm. Umbell. I (1814), 38; Drude in Engler-Prantl Natürl. Pflanzenfam. III, 8 (1898), 152 et auct. plur.

*Cerefolium* Besser[1]) Prim. Fl. Galic. I (1809), 139 et 218; S. F. Gray Nat. Arr. Brit. Pl. II (1821), 501; G. Beck Fl. Nied.-Österr. II, 1 (1892), 631; Druce Fl. Berkshire sec. Druce in Ann. Scott. Nat. Hist. (Oct. 1906), 221.

*Chaerophyllum* [Tourn.] Adanson Fam. pl. II (1763), 96 et 538; All. Fl. Pedem. II (1785), 33; A. et G. Fl. Nordostd. Flachl. (1898–9), 534 — non L.

***Myrrhis*** Adanson Fam. pl. II (1763), 96 et 580 ex p. (quoad syn. *Odorata* Riv.); Scop. Fl. Carn. ed. 2, I (1772), 207; Drude in Engler-Prantl Natürl. Pflanzenfam. III, 8 (1898), 153 et auct. fere omn.

*Lindera* [Ind. Kew. pro syn.] A. et G. Fl. Nordostd. Flachl. (1898–9), 536 — non Adanson Fam. pl. II (1763), 499[2]) nec Thunb. 1783.

Wie aus der obigen Zusammenstellung ersichtlich, ist die Nomenklatur und Synonymie der drei genannten Gattungen äusserst verwirrt. Von den Arten der unter der Bezeichnung *Anthriscus* geläufigen Gattung ist bei Linné der grössere Teil unter *Scandix* einbegriffen; nur eine einzige (*A. silvester* [L.] Hoffm.) findet sich unter *Chaerophyllum*. Das neuerdings von Ascherson u. Graebner nachgeahmte Vorgehen Adansons, der (1763) den Namen *Chaerophyllum* im Sinne von *Anthriscus* verwendet hat, entspricht daher den Wiener Regeln (Art. 45) nicht. Der älteste gültige Name für die letztere Gattung ist vielmehr *Chaerefolium* Haller (1768), welche

[1]) Beck (l. c. 1892) gibt als Autor von *Cerefolium* „Link in Ust. Delect. opusc. II (1793), 114" an. Wie schon Burnat (Fl. Alpes-Marit. IV [1906], 70) richtig konstatiert, hat Link an der zitierten Stelle keineswegs eine Gattung *Cerefolium* aufgestellt, sondern er begnügt sich damit, die Meinungen einiger vorlinnéischer Autoren über die Gattungen *Scandix, Cerefolium, Myrrhis, Pecten* etc. zu reproduzieren; *Cerefolium* wird dabei nur beiläufig im Text erwähnt.

[2]) *Lindera* Adanson l. c. kann nicht, wie dies Ascherson u. Graebner l. c. nach dem Vorgange des Ind. Kew. annehmen, ein Synonym von *Myrrhis* Scop. sein; denn Adanson stellt seine Gattung neben *Peucedanum* in die durch gelbe Blüten charakterisierte Gruppe der „*Fœnicula*" und schreibt ihr zudem „graines lisses" zu. Das von Adanson zu *Lindera* gezogene Synonym „*Myrrhis Daucoides* Mor. s. 9, t. 10, f. 6", eine Art mit gelber Krone, zitiert Linné (Mant. I [1767], 57) zu seinem *Chaerophyllum coloratum*. Die durch die nicht gerechtfertigte Wiedererweckung von *Lindera* Adanson (1763) durch Ascherson u. Graebner in die Homonymie bezw. Synonymie verwiesene Lauraceengattung *Lindera* Thunb. (1783) kann daher zu Recht bestehen bleiben.



Digitized by Google

in der Literatur anscheinend völlig übergangene Bezeichnung also an die Stelle von *Anthriscus* Pers. 1805 (emend. Hoffm. 1814) zu treten hat. Die schweizerischen Arten dieser Gattung haben folgende Namen zu erhalten:

***Chaerefolium silvestre*** (L.) Schinz et Thellung.
*Chaerophyllum sylvestre* L. Spec. pl. (1753), 258.
*Cerefolium sylvestre* Besser Prim. Fl. Galic. I (1809), 218.
*Anthriscus sylvestris* Hoffm. Gen. Umb. ed. 2, I (1816), 40.

***Chaerefolium Cerefolium*** (L.) Schinz et Thellung.
*Scandix Cerefolium* L. Spec. pl. (1753), 257.
*Chaerophyllum cerefolium* Crantz Stirp. Austr. ed. 1, III (1767), 70.
*Anthriscus Cerefolium* Hoffm. Gen. Umb. ed. 2, I (1816), 41.
*Chaerophyllum sativum* Lam. Fl. franç. III (1778), 438.
*Cerefolium sativum* Besser Prim. Fl. Galic. I (1809), 219.

***Chaerefolium Anthriscus*** (L.) Schinz et Thellung.
*Scandix Anthriscus* L. Spec. pl. (1753), 257.
*Chaerophyllum Anthriscus* Crantz Class. Umbell. emend. (1767), 76![1]); Lam. Encycl. I (1783), 685.
*Torilis Anthriscus* Gaertner De Fruct. sem. I (1788), 83 — [non (L.) Gmelin].
*Cerefolium Anthriscus* G. Beck Fl. Nied.-Österr. II, 1 (1892), 632.
*Caucalis Scandix* Scop.[2]) Fl. Carn. ed. 2, I (1772), 191.
*Anthriscus Scandix* Ascherson Fl. Brandenb. I, 260 (1860); Kerner in Österr. bot. Zeitschr. XX (1870), 233; G. Beck Fl. Hernst. kl. Ausg. (1884) S. A. 211 („comb. nov.").
*Myrrhis chaerophyllaea* Lam. Fl. franç. III (1778), 442.
*Anthriscus chaerophyllea* Druce in Ann. Scott. Nat. Hist. (Oct. 1906), 221.
*Anthriscus vulgaris* Pers. Encheir. I (1805), 320 — [non Bernh. 1800, quae *Torilis Anthriscus* (L.) Gmelin].

---

[1]) Dieses älteste Zitat fehlt im Index Kewensis.

[2]) Wie uns Dr. E. Janchen-Wien aufmerksam macht, ist *Caucalis Scandix* Scop. nicht, wie wir in unserm Zirkular betr. die Frage der totgeborenen Namen (Dez. 1907) angenommen hatten, unter diese Kategorie von Namen zu rechnen; denn bei der Übertragung von *Scandix Anthriscus* L. in die Gattung *Caucalis* konnte das spezifische Epitheton nicht beibehalten werden, da Scopoli gleichzeitig (l. c. [1772], 191) die schon 1762 von Hudson (Fl. Angl., 99) aufgestellte Kombination *Caucalis Anthriscus* (= *Torilis Anthriscus* [L. 1753 sub *Tordylio*] Gmelin) als gültig verwendet. Dieser letztere Name ist, beiläufig bemerkt, auch heute kein allgemein als ungültig anerkanntes Synonym, da er z. B. in G. Claridge Druce's „List of British Plants" (1908), 32 als gültige Bezeichnung figuriert.

Digitized by Google

***Statice*** L. [Spec. pl. (1753), 274 ex p.] Gen. pl. ed. 5 (1754), 135 ex p.; Hill Brit. Herbal (1756), 345; Miller Gard. Dict. ed. 8 (1768) — non auct. rec. plur.

*Armeria* Willd. Enum. h. Berol. (1809), 333.

Wir hatten bereits 1907 (Bull. Herb. Boiss. 2e sér. VII, 334, 575) die eben exponierte Nomenklatur akzeptiert mit der Begründung, dass Hill, der zuerst (1756) die Aufteilung des Linné'schen Kollektivgenus *Statice* (= *Statice* auct. plur. + *Armeria* Willd.) vornahm, dabei *Statice* im Sinne von *Armeria* präzisiert und für *Statice* auct. rec. plur. den Namen *Limonium* eingesetzt hat. Es erübrigt noch, nachzuweisen, dass dieses Vorgehen im vollen Einklang mit Art. 45 der Wiener Regeln steht, der von der Zerlegung von Gattungen handelt: „Enthält die Gattung eine Sektion oder eine andere Unterabteilung, die nach ihrem Namen oder den ihr zugehörenden Arten den Typus oder den ursprünglichen Bestandteil der Gruppe darstellt, so wird der Name für diesen Teil beibehalten. Sind dagegen keine Sektionen oder dergleichen Unterabteilungen vorhanden, und ist einer der abgetrennten Teile bedeutend artenreicher als die andern, so verbleibt diesem der Name." In unserm Fall trifft die erste der beiden in Art. 45 vorgesehenen Eventualitäten zu, wie aus Linnés Genera plantarum ed. 5 (1754), 135 hervorgeht; der Autor vereinigt nämlich hier (wie schon früher im Systema naturae ed. 1, 1735) ausdrücklich die beiden Tournefort'schen Gattungen *Statice* (= *Armeria*) und *Limonium* (= *Statice* auct. plur.) und bemerkt dazu: „Obs. *Statice* auctorum calyce communi triplici, florem subrotundum componit. *Limonium* auctorum calyce communi imbricato flosculos serie oblonga exhibet". Damit wird also *Statice* Tournef. (= *Armeria*) als Typus bezw. ursprünglicher Bestandteil der Gattung *Statice* sens. ampl. gekennzeichnet (ganz entsprechend führt auch Linné in den „Species plantarum" [1753], 274 als erste Art *Statice Armeria* [= *Armeria vulgaris* Willd.] auf), und gegenüber diesem Umstand kommt die Tatsache, dass die Gattung *Statice* bei Linné (1753) nur eine *Armeria*-Art, dagegen elf *Limonium*-Arten enthält, nach dem Wortlaut des Art. 45 nicht mehr in Betracht.

***Centaurium minus*** Garsault Fig. pl. II (1764), t. 206, Descr. pl. (1767), 137; Mönch Meth. (1794), 449 (excl. var. β).

*Centaurium umbellatum* Gilib. Fl. Lituan. I (1781), 35; cf. Bull. Herb. Boiss. 1907, 335.

***Gentiana ramosa*** Hegetschweiler Beiträge zu einer kritischen Aufzählung der Schweizerpfl. (1831), 334.

*G. compacta* Hegetschweiler Flora der Schweiz (1840), 210.

Digitized by Google

*G. Murbeckii* Wettstein apud Kerner Schedae ad fl. exsicc. Austr.-Hung. VII (1896), 73.

Die vollständige Übereinstimmung der *Gentiana compacta* Hegetschweiler und der Wettstein'schen *G. Murbeckii* mit der ältern *G. ramosa* Hegetschweiler ist bereits — was uns bis anhin entgangen ist — von Dörfler (Herbarium normale, schedae ad centur. XXXVIII [1898], 278) überzeugend nachgewiesen worden und findet ihre Bestätigung in dem unserem bot. Museum angehörenden Hegetschweiler'schen Herbarium.

***Cynoglossum montanum*** L. Amœn. acad. III (1756), 402 nota 3; Lam. Fl. franç. II (1778), 277 et auct. Gall. nonnull.; Schinz et Thellung in Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LI (1906), 494.

*Cynoglossum germanicum* Jacq. Obs. II (1767), 31 et auct. mult.; Rouy Fl. France X (1908), 339.

? *Cynoglossum virens* Schreber Spic. fl. Lips. (1771), 152 (nomen nudum!).

*Cynoglossum sylvaticum* Hänke in Jacq. Coll. II (1788), 77?; Sm. Fl. Brit. I (1800), 216.

*Cynoglossum officinale* (L.) β *montanum* (L., Lam.) Fiori et Paoletti Fl. anal. Ital. II, 3 (1902), 379.

Nach Rouy (Fl. France X [1908], 339) wäre *C. montanum* L. nicht identisch mit *C. germanicum* Jacq. (*C. montanum* Lam. non L., *C. sylvaticum* Sm. non Hänke), sondern eine Form von *C. officinale* L. (var. β *virens* Rouy l. c. = *C. virens* Schreber = *C. silvaticum* Hänke non Sm.), die sich vom Typus der Art nur durch grüne, schwach behaarte Laubblätter, deren obere breit abgerundet, fast herzförmig sind, unterscheidet. Die gleichen Merkmale besitzt bekanntlich auch *C. germanicum* Jacq.; hinzu kommt jedoch bei dieser Art (auch nach Rouy) eine abweichende Form der Frucht, die mehr abgerundet ist, und deren Aussenflächen flach (nicht niedergedrückt) und mit kürzeren Stacheln besetzt sind. Zu welcher der zwei in Frage kommenden Formen gehört nun *C. montanum* L.? Linné gründet (l. c.) seine Spezies, ohne ihr eine eigene Beschreibung zu geben, auf eine Pflanze Columna's: *Cynoglossa media montana* .... Col. Ecphr. I (1606), 176 t. 175! Die Abbildung mag zur sichern Erkennung der Pflanze unzureichend sein; immerhin spricht sie nach dem Détailbild einer Teilfrucht eher für *C. germanicum*. Unzweideutig ist jedoch unseres Erachtens die Beschreibung der Frucht (die geringe Behaarung und die grüne Farbe der Pflanze, von der der Autor spricht, ist in dieser Frage belanglos): „fructus ... minutioribus aculeis armati, minores, umbilicati etiam, sed non tam elato limbo", was offenbar auf *C. ger-*

Digitized by Google

*manicum* weist. Wir sehen also keinen Grund, um nicht den schon in der zweiten Auflage der Schweizerflora von Schinz u. Keller (I [1905], 402; II [1905], 177) verwendeten Namen *C. montanum* L. für *C. germanicum* Jacq. beizubehalten.

***Anchusa azurea*** Miller Gard. Dict. ed. 8 (1768), n. 9; Rchb. Fl. Germ. excurs. sect. 2 (1831), 344.

*Anchusa italica* Retz. Obs. bot. I (1779), 12; Rchb. ibid.

*Anchusa paniculata* Aiton Hort. Kew. I (1789), 177; Rchb. ibid.

*Buglossum elatum* Mönch Meth. (1794), 418.

*Anchusa officinalis* Gouan Hort. Monspel. (1762), 81; Vill. Hist. pl. Dauph. II (1787), 455 — non L.

*Anchusa angustifolia* „L., Rchb." Rouy Fl. France X (1908), 286 (sub *A. italica β angustifolia* in syn.) — non L. nec Rchb.

Vergl. auch: Thellung in Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LII (1907), 462, Fussnote. Trotz der sehr dürftigen Diagnose der *A. azurea* Miller und des Mangels an einem Originalexemplar glauben wir gleichwohl die Miller'sche Spezies unbedenklich mit *A. italica* Retz. identifizieren zu dürfen, da kaum eine andere *Anchusa*-Art mit azurblauen Blüten — solche sind in der Gattung ja überhaupt selten — in Betracht kommen dürfte; zudem verwenden wohl alle Autoren, die den Namen *A. azurea* überhaupt erwähnen, denselben im Sinne einer Form der *A. italica* (so Reichenbach l. c., Rouy l. c.). — Auch *A. angustifolia* L. Spec. pl. (1753), 133 wird von Rouy (l. c.) als eine Form der *A. italica* (var. *β angustifolia* Car. et St. Lager Et. fl., p. 603) aufgefasst, während frühere Autoren, wie Schmidt, Roth, Gaudin (Fl. Helv. II [1828], 45), A. de Candolle (Prodr.), eine schmalblätterige Form der *A. officinalis* L. (var. *angustifolia* A. DC. Prodr. X [1846], 43; *A. arvalis* Rchb. Fl. Germ. excurs. sect. 2 (1831) 343; *A. officinalis β arvalis* Rouy Fl. France X [1908], 288) darunter verstanden hatten. Wenn auch die von Linné (nach van Royen) gegebene Diagnose der *A. angustifolia* („A. racemis subnudis conjugatis Roy. lugdb. 408") zur Erkennung der Art ganz unzulänglich ist, so bietet sie doch jedenfalls keinen Anhaltspunkt dafür, um in Linnés Pflanze, wie dies Rouy tut, eher eine Form von *A. azurea* (*italica*) als von *A. officinalis* zu erblicken, und auch die in der zweiten Auflage der „Species plantarum" I (1762), 191 hinzugefügte Bemerkung „Simillima praecedenti [= *A. officinalis*], sed Folia caulina margine subdentata, spinulis aspera & basi attenuata; nec ovato-lanceolata" weist keineswegs auf *A. azurea*, sondern vielmehr nach der Auffassung des Monographen der Gattung, Herrn Rob. N. Rudmose Brown in Aberdeen (briefl.), auf *A. hybrida* Ten. 1811—15 (*A. undulata* L.

Digitized by Google

var. *hybrida* Fiori et Paoletti; *A. undulata* auct. Gall. non L.). Was die von Linné (Spec. pl. ed. 1) zitierten Synonyme[1]) betrifft, so gehören diese, soweit eruierbar, sämtlich zu Formen aus der nächsten Verwandtschaft von *A. officinalis* (keines zu *A. azurea!*): 1. „A. racemis subnudis conjugatis. Roy. lugdb. 408" [Royen zitiert selbst das folgende Synonym Zanoni's!]. 2. „Borago sylvestris perennis, flore rufo kermesino. Zan. hist. 49 t. 20" [„Boragine Siluestre perenne di Candia di fiore rosso Cremesino" Zan. Ist. (1675), t. 20!] ist nach der guten Abbildung sehr wahrscheinlich *A. hybrida* (Blattform!; Kelch kaum bis zur Hälfte gespalten; Kronröhre den Kelch deutlich überragend); allerdings scheint die Angabe „perenne", die Koch veranlasst hat, in Zanonis Pflanze die rotblühende Form der *A. officinalis* (*A. incarnata* Schrader) zu erblicken, gegen die Identität mit *A. hybrida* zu sprechen; doch kann die Angabe der Dauer der Pflanze sehr wohl irrig sein, zumal da es zweifelhaft ist, ob die echte ausdauernde *A. officinalis*, die bekanntlich im Mittelmeergebiet sehr selten ist, in Kreta vorkommt]. 3. „Buglossum angustifolium minus. Bauh. pin. 256. Moris. hist. 3. p. 438. s. 11. t. 26. f. 4" [die Morison'sche Abbildung ist zur sichern Erkennung zu schlecht]. 4. Echii facie Buglossum minimum, flore rubente. Lob. ic. 576" [ist eine schmalblätterige *A. officinalis!*]. — Was schliesslich noch die von Rouy (l. c.) zu *A. italica β angustifolia* zitierte Abbildung: *A. angustifolia* „L." Rchb. Ic. pl. crit. VIII (1830), t. 725 f. 967! anbetrifft, so gehört dieselbe wegen der pinselig papillösen Schlundschuppen wohl nicht zu *A. officinalis* oder *hybrida*, aber ebensowenig zu *A. azurea*, da der Kelch nur bis zur Mitte fünfspaltig (statt tief fünfteilig) dargestellt ist. Diese dubiöse Pflanze, die nach Reichenbach selbst (Fl. Germ. excurs. sect. 2 [1831], 343 n. 2353) zwischen der Gruppe der *A. officinalis* und derjenigen der *A. azurea* quasi intermediär ist und bei der es beinahe den Anschein hat, als ob sie aus Bestandteilen zweier verschiedener Exemplare zusammengeschweisst wäre, wird später von Reichenbach fil. (Deutschl. Fl. XVIII [1858]) mit Stillschweigen übergangen.

***Myosotis pyrenaica*** Pourret (1788) var. ***alpestris*** (Schmidt 1794 pro spec.).

Vergl. Bull. Herb. Boiss. 1907, 498, wo wir *M. alpestris* mit *M. pyrenaica* identifiziert haben. Seither ist durch namhafte fran-

[1]) Linnés Herbarexemplar gehört, wie uns Herr Rob. N. Rudmose Brown auf Anfrage freundlichst mitteilt, zu *A. officinalis* var. *angustifolia* DC., und stimmt folglich mit der Diagnose in den Spec. pl. ed. 2 nicht überein. Es dürfte sich daher empfehlen, nach dem Vorgang des Monographen den konfusen Namen *A. angustifolia* in der Synonymie von *A. officinalis* var. *angustifolia* und von *A. hybrida* zu belassen, statt ihn als gültig für *A. hybrida* zu verwenden.

Digitized by Google

zösische Botaniker (H. et A. Marcailhou-d'Aymèric Cat. pl. indig. Haute-Ariège [suite] in Bull. Acad. internat. de Géogr. Bot. 17e année [3e série] n. 219 [Janv. 1908], 46; Rouy Fl. France X [Févr. 1908], 334—5) die Auffassung vertreten worden, dass *M. pyrenaica* eine von *M. alpestris* spezifisch verschiedene, auf die Pyrenäen und die Westalpen beschränkte Art sei; als Unterscheidungsmerkmale gegenüber *M. alpestris* werden besonders angegeben: dickere, gestauchte Grundachse, gedrungenerer Wuchs (Höhe 3—10 cm), kürzere (spatelförmige), dichter gedrängte Grundblätter, grössere, zahlreichere und dichter stehende Blüten, sehr kurze bis fast fehlende, aufrechte Fruchtstiele, längerer, mit zahlreicheren hakigen (neben den anliegenden) Haaren bekleideter, bei der Fruchtreife geschlossener Kelch. Wir haben daraufhin die Frage nochmals an Hand des Materials des Herbarium generale der Universität Zürich geprüft und sind zu dem Schluss gekommen, dass sich die genannten Merkmale, die ja fast ausschliesslich relativ sind, nur an extrem typischen Exemplaren von hochgelegenen Standorten der Pyrenäen vollzählig kombiniert finden, während an tiefer gelegenen Lokalitäten (z. B. bei Gèdre) diese Eigentümlichkeiten mehr und mehr verschwinden, und so allmähliche Übergänge zu *M. alpestris* sich zu bilden scheinen. Leidlich typische *M. pyrenaica* sahen wir ausserdem aus Grossbritannien, Savoien (Mt. Brezon) und Kleinasien[1]), und ihr nahestehende Übergangsformen zu *M. alpestris* z. B. von Bormio. Wir halten daher an unserer 1907 (l. c.) ausgesprochenen Meinung fest, dass *M. alpestris* von *M. pyrenaica* nicht als Art, ja nicht einmal als Unterart, sondern nur als Rasse oder Varietät zu trennen ist, da die Übergänge zu zahlreich sind und auch keine geographische Trennung besteht. — Völlig unverständlich bleibt uns, dass die eingangs genannten französischen Autoren, die *M. pyrenaica* und *alpestris* spezifisch trennen, dagegen *M. alpestris* als Unterart (Marcailhou-d'Aymèric) bezw. Rasse (Rouy) des *M. silvatica* Hoffm. (1791) auffassen (Rouy: *M. silvatica* Hoffm. ssp. *suaveolens* [W. K. 1809 pro spec.] race *alpestris* [Schmidt 1794] Rouy l. c. 334); denn wir vertreten gleich Fiori & Paoletti (Fl. anal. Ital. II, 3 [1902], 370), Coste (Fl. descr. ill. France II, 5 [1903], 602) und Rendle & Britten (List of Brit. Seed-pl. and Ferns [1907], 20) die Auffassung, dass *M. alpestris* der *M. pyrenaica* ungleich näher steht als der *M. silvatica* [von der sie allerdings wohl auch nicht spezifisch, sondern nur als Unterart verschieden ist] — sind doch die Charaktere der *M. pyrenaica* im Wesentlichen nur eine quantitative Übertreibung der Unterscheidungs-

[1]) Auch Coste Fl. descr. ill. France II, 5 (1903), 602 gibt bei der Gesamtverbreitung der *M. pyrenaica* (sens. strict.) den bithynischen Olymp an.

Digitized by Google

merkmale der *M. alpestris* von *M. silvatica* —, und dass *M. pyrenaica* (incl. *alpestris*) von *M. silvatica* durch die dickeren und kürzeren, mehr aufrechten Fruchtstiele und namentlich durch den am Grunde verschmälerten (statt abgerundeten), von zahlreichen anliegenden Haaren silberig schimmernden Fruchtkelch relativ scharf geschieden ist.

***Myosotis collina*** Hoffm. Deutschl. Fl. (1791), 61! („4. M. collina, calyc. patulis, fol. cespitosis hirsutis, caule nudo Ehrh. herb. 51").

Rouy (Fl. France X [1908], 328) verwirft den Namen *M. collina* Hoffm. als zu zweifelhaft und setzt dafür *M. hispida* Schlechtd. in Mag. Naturf. Freunde VIII (1814), 22 ein; dagegen äussert er sich bei *M. versicolor* Sm. in einer Anmerkung folgendermassen: „C'est peut-être plutôt à cette espèce qu'il conviendrait d'attribuer le nom de *M. collina* Ehrh. ap. Hoffm. [l. c.]". Die Angabe „calyc. patulis" spricht jedoch nach unserer Auffassung sehr entschieden für die Identität der *M. collina* Hoffm. mit *M. hispida* Schlechtd., da *M. lutea* (Cav.) Pers. (= *M. versicolor* [Pers.] Sm.) bekanntlich einen geschlossenen Fruchtkelch besitzt.

***Stachys danicus*** (Miller) Schinz et Thellung comb. nov.

*Betonica danica* Miller Gard. Dict. ed. 8 (1768), n. 2.
*Betonica hirsuta* L. Mant. II (1771), 248 [non *Stachys hirsuta* Humb. Bonpl. & Kunth 1817].
*Stachys densiflora* Bentham Lab. gen. et spec. (1832—6), 532 [post 1834].

*Betonica danica* Miller (1768) ist, wie uns Dr. E. Janchen-Wien aufmerksam macht, kein totgeborener Name, da er — was uns entgangen war — älter ist als *B. hirsuta* L. (1771). Die von uns in unserem Zirkular betr. die totgeborenen Namen (Dez. 1907) bereits, jedoch irrtümlich unter der Rubrik „auf totgeborene Namen begründete Kombinationen" gebildete Namenskombination *St. danicus* bleibt also zu Recht bestehen.

***Salvia nemorosa*** L. Spec. pl. ed. 2, I (1762), 35; Sprengel Fl. Hal. (1806), 12; A. Kerner Sched. Fl. Austro-Hung. exs. III, 1883 (1884), 101; G. Beck Fl. Nied. Österr. II, 2 (1893), 1002.
*Salvia sylvestris* L. Spec. pl. (1753), 24 ex p.; Jacq. Fl. Austr. III (1775), 7 t. 212 et auct. mult. — non L. Spec. pl. ed. 2.

Die echte *S. silvestris* L. Spec. pl. [ed. 1 (1753), 24 ex altera p.] ed. 2, I (1762), 34; Sprengel Fl. Hal. (1806), 11; A. Kerner l. c. (1884), 103; G. Beck l. c. (1893), 1002; *S. elata* Host Fl. Austr. I

Digitized by Google

(1827), 24 — ist nach Kerner (mit Rücksicht auf das von Linné zitierte Clusius'sche Synonym) der Bastard *S. nemorosa* × *pratensis*.

***Verbascum crassifolium*** Lam. et DC. Fl. franç. ed. 3, III (1805), 601 excl. var. β; DC. Fl. franç. Suppl. (1815), 413; Gaudin Fl. Helv. II (1828), 119 — [non Hoffmsgg. & Link Fl. Portug. I (1809), 213 t. 26, Schrader Mon. Verb. I (1813), 22].

*Verbascum montanum* Schrader Hort. Gotting. fasc. 2 (1809), 18 t. 12, Mon. Verb. I (1813), 33; Bentham in DC. Prodr. X (1846), 226 et auct. plur.

***Mimulus guttatus*** DC. Cat. h. Monspel. (1813), 127.

*Mimulus Langsdorfii* Donn in Sims Bot. Mag. t. 1501 (1812) pro syn.; Rendle & Britten List Brit. Seed-pl. and Ferns (1907), 22; Schinz & Thellung in Bull. Herb. Boiss. 1907, 499.

*Mimulus luteus* auct. non L.

Der von uns 1907 akzeptierte Name *M. Langsdorfii* Donn kann, wie uns erst seither klar geworden ist, nach Art. 37 der Wiener Regeln nicht als gültig publiziert betrachtet werden, da er von Sims (l. c.) lediglich als Synonym zu dem als gültig angenommenen Namen *M. luteus* L. aufgeführt wird. Als gültige Bezeichnung wird *M. Langsdorfii* unseres Wissens zum erstenmal 1895 von Greene (Journ. of Bot. XXXIII, 6) verwendet; denn auch in seinem Hort. Cantab. (1812), 182 führt Donn (nach Greene l. c.) diesen Namen als Synonym zu *M. luteus* auf.

***Veronica polita*** Fr. Novit. fl. Suec. IV (1819), 63, ed. 2 (1828), 1.

*Veronica didyma* Ten. Syll. fl. Neap. (1830), 7 — vix Ten. Prodr. Fl. Nap. (1811), VI.

Vergl.: Schinz & Thellung in Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LI (1906), 496. Seither sind uns durch die kritische Studie unseres Freundes Dr. E. Lehmann über die *Veronicae* der *agrestis*-Gruppe (Bull. Herb. Boiss. 2e sér. VIII [1908], Nr. 4—6, 9) einige Tatsachen bekannt geworden, die unsere frühere Argumentation zugunsten des Namens *V. didyma* Ten. gegenüber *V. polita* Fr. hinfällig machen. — 1830 (l. c.) verwendet Tenore den Namen *V. didyma* „Ten. 1811" im Sinne von *V. polita* Fr. (1819). Dass der Autor jedoch schon zur Zeit der ersten Aufstellung (1811) unter seiner Spezies diese letztere Art verstanden habe, erscheint sehr unwahrscheinlich aus folgenden Gründen:

1. In seinem „Prodromus" (1811) führt Tenore neben der zu einer sichern Erkennung ganz ungenügend diagnostizierten und von „Neap." angegebenen *V. didyma* noch eine *V. agrestis* ohne Be-

Digitized by Google

schreibung auf. Unter dem letzteren Namen verstand er aber offenbar, wie viele seiner Zeitgenossen, *V. polita* Fr.; denn in dem fast gleichzeitig (1811—15) erschienenen ersten Bande seiner „Flora Napolitana" führt Tenore *V. agrestis* mit einer auf *V. polita* Fr. weisenden Beschreibung und dem ebenfalls zu dieser letzteren Art gehörigen Synonym Fl. Dan. t. 449 ein und nennt sie „communissima nei campi", was gleichfalls nur für *V. polita,* nicht aber für *V. agrestis* L. sens. strict. zutrifft. Die Wahrscheinlichkeit ist also sehr gross, dass *V. didyma* von 1811 irgend eine andere Art der *agrestis*-Gruppe (*agrestis* L., *opaca* Fr., *Tournefortii* Gmelin) ist als gerade *V. polita* Fr.

2. Was in den Herbarien als *V. didyma* Ten., teils vom Autor selbst gesammelt, teils aus von ihm erhaltenen Samen gezogen, vorliegt, ist teils *V. agrestis* L., teils *V. opaca* Fr.! (So zitiert Koch Syn. ed. 2, II (1844) 610 *V. didyma* Ten. „sec. specimina authentica autoris" direkt als Synonym zu *V. agrestis* L.)[1]) Dies lässt vermuten, da weder *V. agrestis* noch *V. opaca* um Neapel spontan vorkommen, dass *V. didyma* Ten. von 1811 ein eingeschlepptes Unkraut des botanischen Gartens zu Neapel (*V. agrestis* oder *opaca* oder beide Arten) war; damit steht im guten Einklang die Tatsache, dass Tenore in der „Flora Napolitana" (1811—15), wie auch in der „Flora medica" (1822), seine *V. didyma* vollkommen unerwähnt lässt. Erst 1830 (Sylloge l. c.) greift Tenore, veranlasst durch die inzwischen erschienenen Arbeiten von Reichenbach und Fries über diesen Gegenstand, auf seine *V. didyma* zurück, die er in der Bedeutung von *V. polita* Fr. einführt, während er gleichzeitig *V. agrestis* L. in dem heute allgemein gebräuchlichen Sinne restringiert und selbst seine frühere *V. agrestis* als Synonym zu *didyma* (= *polita*) zitiert. Aus den angeführten Gründen ist es, wie Grenier (Fl. ch. Jurass. II, 587) hervorhebt, äusserst wahrscheinlich, dass Tenore 1830 eine willkürliche Umdeutung des von ihm 1811 aufgestellten Namens vorgenommen hat, indem er ihm jetzt ganz unmotiviert eine Bedeutung unterschob, der er ursprünglich unmöglich gehabt haben kann. Was unter *V. didyma* Ten. 1811 zu verstehen ist, dürfte kaum je mit Sicherheit zu eruieren sein; der Name kann also nach Art. 51, Al. 4 der Wiener Regeln mit Fug und Recht fallen gelassen werden

[1]) Der Angabe Caruels (Parlat. Fl. Ital. VI [ca. 1884], 526), der „*V. didyma* Ten.!" mit *V. polita* Fr. identifiziert, ist wohl keine grosse Bedeutung zuzumessen, 1. weil der Autor die *Veronicae* der *agrestis*-Gruppe offenbar schlecht gekannt hat (sonst würde er nicht *V. agrestis* Fr. und *V. polita* Fr. als Varietäten einer Art betrachtet und *V. opaca* Fr. zu der ersteren Varietät als Synonym gezogen haben), 2. weil die Möglichkeit vorhanden ist, dass Caruel nicht das Original des „Prodromus", sondern nur aus der Zeit nach 1830 stammende Exemplare, die dann natürlich zu *V. polita* Fr. gehören, gesehen hat.

Digitized by Google

(vergl. das hier zitierte Beispiel der *Rosa villosa* L., „die zu mehreren verschiedenen Arten gerechnet wurde und deren sichere Deutung völlig ausgeschlossen zu sein scheint.").

***Rhinanthus*** L. em. Hill (1756) contra *Alectorolophus* Böhmer.[2])

In der Septembernummer von Jahrgang 1907 der Österr. botan. Zeitschrift hat Dr. E. Janchen-Wien die von uns zuvor (Bull. Herb. Boiss. 1907, 499—501, 576) angeschnittene „*Rhinanthus*-Frage" auf Grund des Art. 45 der Wiener Regeln nochmals einer eingehenden Analyse unterzogen und ist dabei zu dem Resultat gelangt, dass der Name *Alectorolophus* für *Rhinanthus* auct. plur. beibehalten werden kann und muss. Der Autor macht mit Recht darauf aufmerksam, dass die zwei von Linné in der Gattung *Rhinanthus* an erster Stelle genannten, das Genus *Rhynchocorys* Griseb. ausmachenden Arten, *Rh. orientalis* und *Rh. Elephas,* den Typus bezw. ursprünglichen Bestandteil von *Rhinanthus* L. ausmachen, dass somit die von Allioni (1785) vorgenommene Aufteilung des Linné'schen Kollektiv-Genus *Rhinanthus,* wobei *Rhinanthus* im Sinne von *Rhynchocorys* restringiert und für *Rhin. Crista galli* L. der Haller'sche Gattungsname *Alectorolophus* akzeptiert wird, im vollen Einklang mit den Wiener Regeln (Art. 45) steht und auch heute als massgebend betrachtet werden müsste — ohne das Bestehen des vom Wiener Kongress sanktionierten Ausnahme-Index der beizubehaltenden bezw. zu verwerfenden Gattungsnamen. Der von uns übersehene Umstand, dass *Rhynchocorys* Griseb. auf der Liste der „Nomina conservanda", *Elephas* Adanson dagegen unter den „Nomina rejicienda" figuriert, hat zwei antagonistische Konsequenzen, die sich in ihrer Bedeutung für die in Diskussion stehende Nomenklaturfrage völlig aufheben. Einerseits wird nämlich unser Argument, dass die Gattung *Rhynchocorys* schon 1763 in *Elephas* Adanson einen gültigen Namen besessen habe und *Rhinanthus* folglich von den späteren Autoren (Haller, Allioni) nur noch im Sinne von *Alectorolophus* verwendet werden durfte, hinfällig; anderseits ist aber der Name *Rhynchocorys* unter allen Umständen beizubehalten — denn dies ist die Definition der „Nomina conservanda" —, und damit ist ein neues Argument zugunsten der Beibehaltung von *Rhinanthus* für *Alectorolophus* gegeben; denn Art. 45 verbietet, den Namen *Rhinanthus* bei der Aufteilung ohne triftigen Grund ganz fallen zu lassen. Dass hier Art. 51, Al. 4, der Missverständnisse zeugende Namen zu tilgen gebietet, in Anwendung

[2]) Nach E. Janchen (Österr. bot. Zeitschr. LVIII, Nr. 12 [Dez. 1908], 470) ist *Alectorolophus* vor Haller (1768) schon von Böhmer (in Ludwig Defin. gen. pl. ed. 3, 1760) aufgestellt worden.

Digitized by Google

kommt, wie Janchen annimmt, glauben wir nicht; denn es dürfte für keinen Botaniker zweifelhaft sein, was unter *Rhinanthus Alectorolophus, major, angustifolius, minor* etc. zu verstehen ist — es wird sicherlich niemand *Rhynchocorys*-Arten darunter vermuten —, und auch die übrigen zahlreichen, von v. Sterneck u. A. in neuester Zeit aufgestellten *Alectorolophus*-Arten (die übrigens zum grossen Teil am Richtigsten als Subspezies oder Rassen der vier genannten Hauptarten aufzufassen sind) dürften, in die Gattung *Rhinanthus* übertragen, kaum zu Missverständnissen Anlass geben, da der Name *Rhinanthus* von neueren Werken, soviel uns bekannt, einzig in v. Wettsteins Bearbeitung der Scrophulariaceen in Engler-Prantls „Natürlichen Pflanzenfamilien" (1891) im Sinne von *Rhynchocorys* figuriert, während ihn die rezenten englischen, französischen, italienischen und auch einzelne deutsche Floristen übereinstimmend für *Alectorolophus* verwenden. Abgesehen von der Konsequenz, dass *Rhinanthus* als „Nomen confusum" für *Alectorolophus* nicht beibehalten werden könne, sind die Ausführungen Janchens durchaus zutreffend und in allen Hauptpunkten einwandsfrei. — Wir bedauern, uns in Gegensatz zu dem verdienten Monographen der Gattung *Alectorolophus,* Dr. J. von Sterneck, stellen zu müssen; nach unserer Auffassung war eben die Wiedereinführung des so ziemlich obsolet gewordenen Namens *Alectorolophus* nicht genügend gerechtfertigt.

***Pedicularis Kerneri*** Dalla Torre Anleit. Alpenpfl. (1882), 177 — non Huter [Cat. (1871) et in Österr. bot. Zeitschr. XXIII (1873), 122, nomen, et] ex Steininger in Bot. Centralbl. XXIX (1887), 187.

*Pedicularis rostrata* L. Spec. pl. (1753), 607 ex p.

*Pedicularis rhaetica* Kerner Sched. fl. Austro-Hung. II (1882), 116 n. 635.

*Pedicularis caespitosa* Sieber [exsicc. 1812 sine descr.] ex Steininger in Bot. Centralbl. XXIX (1887), 23.

Vergl. Bull. Herb. Boiss. VII (1907), 340—1. *P. Kerneri* Huter (= *P. elongata* Kerner × *gyroflexa* Vill.) ist weder 1871 (teste Janchen) noch 1873, sondern erst bei Steininger (1887) rechtsgültig publiziert und kann daher keinen Anspruch auf Priorität von *P. Kerneri* Dalla Tore machen. Von den beiden im gleichen Jahre (1882) aufgestellten Namen *P. Kerneri* Dalla Tore und *P. rhaetica* Kerner hat der erstere die Priorität, da er von Kerner bereits zitiert wird.

***Plantago indica*** L. Syst. ed. 10, II (1759), 896 (et in herb. Van Royen, Lugd. Bat., teste Decaisne in DC. Prodr. XIII, 1 [1852], 735), Spec. pl. ed. 2, I (1762), 167.

Digitized by Google

*Plantago Psyllium* β Gouan Hort. Monspel. (1762), 71.
*Psyllium erectum* Garsault Fig. pl. IV (1764), t. 473! [„*Psillium*"] et Descr. pl. (1767), 282 — [non Jaume St. Hil. 1805].
*Psyllium ramosum* Gilib. Fl. Lituan. I (1781), 17.
*Plantago ramosa* Ascherson Fl. Brandenb. I, 2 (1864), 547.
*Psyllium annuum* Thuill. Fl. Paris ed. 2 (1799), 81 (non Mirbel).
*Plantago arenaria* Waldst. et Kit. Pl. rar. Hung. I (1799—1802), 51 t. 51.
*Psyllium arenarium* Mirb. Hist. pl. ed. 2, XIV [1830], 333 (Ind. Kew.).
*Plantago Psyllium* L. Spec. pl. ed. 1 (1753), 115 ex majore p. (quoad syn. primum hort. Ups.) — non Syst. ed. 10 nec Spec. pl. ed. 2 neque alior.

***Plantago Psyllium*** L. Spec. pl. (1753), 115 ex minore p., emend. in Spec. pl. ed. 2, I (1762), 167 et auct. omn. — [non L. Syst. ed. 10].
*Plantago Cynops* L. Spec. pl. ed. 1 (1753), 116 et Syst. ed. 10, II (1759), 896; Gouan Hort. Monspel. (1762), 71, Fl. Monspel. (1765), 10 — non alior.
*Plantago afra* L. Spec. pl. ed. 2, I (1762), 168 (descr. partim erronea).
*Psyllium erectum* Jaume St. Hil. Expos. I, 2 (1805), 209 — non Garsault 1764.
*Psyllium annuum* Mirbel Hist. pl. ed. 2, XIV [1830], 332—3 [Ind. Kew.] (non Thuill.).

***Plantago supina*** (Garsault) Schinz et Thellung in Schinz et Keller Fl. Suisse (1909 [1908]), 541.
*Psyllium supinum* Gars. Fig. pl. IV (1764), t. 474! [„*Psillium*"] et Descr. pl. (1767), 283.
*Plantago suffruticosa* Lam. Fl. franç. II (1778), 313.
*Psyllium suffruticosum* Jaume St. Hil. Expos. I, 2 (1805), 209.
*Plantago genevensis* Poiret Encycl. V (1804), 390.
*Psyllium genevense* Mirbel Hist. pl. ed. 2, XIV [1830], 332, 334 (Ind. Kew.).
*Plantago Psyllium* L. Spec. pl. ed. 1 (1753), 115, ex minima p. (quoad syn. Vir. Cliff. ex p.) et Syst. ed. 10, II (1759), 896; Gouan Hort. Monspel. (1762), 71, Fl. Monspel. (1765), 10 — non L. Spec. pl. ed. 2 nec alior.
*Plantago Cynops* L. Spec. pl. ed. 2, I (1762), 167 et auct. omn. — non L. Spec. pl. ed. 1 nec Syst. ed. 10.

Wie aus den vorstehenden Synonymenlisten der drei in der Schweiz — teilweise adventiv — vorkommenden *Plantago*-Arten der Sektion

Digitized by Google

*Psyllium* ersichtlich ist, hat Linné selbst in den verschiedenen Ausgaben seiner Schriften die Bedeutung der Namen *Pl. Psyllium* und *Pl. Cynops* in ganz willkürlicher Weise mehrfach abgeändert (vergl. auch: H. E. Richter, Codex Linnaeanus [1840], 127). Nachdem in den Wiener Regeln (Art. 19) das Jahr 1753 als Ausgangspunkt für die Nomenklatur festgelegt worden ist, kann der Status von 1762 (L. Sp. pl. ed. 2, I), den alle Floristen akzeptiert haben, nicht mehr als massgebend betrachtet werden, sondern es müssen vor allem die Verhältnisse von 1753 (L. Spec. pl. ed. 1) in Betracht gezogen werden. Da zeigt es sich denn, dass der Name *Pl. Cynops* L. nicht für die unter dieser Bezeichnung bekannte ausdauernde Pflanze beibehalten werden kann, da Linné selbst ursprünglich unter *Pl. Cynops* die einjährige mediterrane *Pl. Psyllium* L. Spec. ed. 2 et auct. verstanden hatte; als Ersatz schlagen wir die Kombination *Pl. supina* (Gars.) für die ausdauernde Art vor. Den Namen *Pl. Cynops* L. selbst, der, wie eben gezeigt, eigentlich für *Pl. Psyllium* auct. eingesetzt werden müsste, lassen wir nach Art. 51, Al. 4 der Wiener Regeln als „nomen confusum" (vergl. Bull. Herb. Boiss. 1907, 580) fallen. *Pl. Psyllium* L. als Bezeichnung für die mediterrane einjährige Art (und nicht, wie dies Linné ursprünglich intendierte, für *Pl. ramosa*) lässt sich nur mit Hülfe unseres Opportunitätsprinzipes (Bull. Herb. Boiss. 1907, 511) aufrecht erhalten. — Um nicht für *Pl. ramosa* (Gilib.) Ascherson (*Pl. arenaria* W. K.) mit dem älteren, aber unbekannten Namen *Psyllium erectum* Garsault (1764) eine neue Kombination bilden zu müssen, greifen wir lieber gleich auf die älteste für diese Art in Frage kommende Bezeichnung, *Pl. indica* L. (1759), zurück. Wenn auch Linnés Diagnose in der ersten Publikation vielleicht nicht ganz klar und eindeutig ist, so weist doch die von dem Autor später (Syst. ed. 12 [1767]) hinzugefügte Angabe: „Calycis foliola 2 inferiora obtusissima, spatulata, valde gibba, intus concava" sehr entschieden auf *Pl. ramosa,* und auch das von Decaisne (l. c.) erwähnte Herbarexemplar wirft einen gewichtigen Stein zugunsten dieser Auffassung der *Pl. indica* L. in die Wagschale.

***Galium saxatile*** L. herb. et Spec. pl. ed. 1 (1753), 106 ex p. (excl. syn. Juss. et loc.), Fl. Suec. ed. 2 (1755), App. 463 ex p. (quoad pl. Suec., excl. syn. Juss.), Spec. pl. ed. 2, I (1762), 154 (excl. syn. Juss. et loc. Hisp.); Smith, Gren. & Godron, Garcke, Rendle & Britten — non Lam. Encycl. II (1786), 580 et auct. Gall. veter. nonnull., quod = *G. helveticum* Weigel.

*Galium hercynicum* Weigel et auct plur.; cf. Schinz & Thellung in Bull. Herb. Boiss. (1907), 515 et Rendle & Britten in Journ. of Bot. XLV (1907), 438—9.

Digitized by Google

Wir hatten uns (l. c., 1907) der Auffassung Kerners (Sched. fl. exs. Austro-Hung. III, 1883 [1884], 106) angeschlossen, der den Namen *G. saxatile* L. mit der Begründung verwirft, die Linné'sche Spezies sei auf die spanische Küstenpflanze „*Gallium saxatile supinum, molliore folio.* Juss. act. 1714, p. 492, tab. 15. — Habitat in Hispaniae maritimis lapidosis", wie Linné selbst zitiert, begründet, und Linnés Name habe daher selbstverständlich jenem spanischen *Galium* zu verbleiben, das Linné in Spec. pl. ed. 1 (1753) einzig und allein unter *Galium saxatile* begriffen, während er erst später (l. c. 1755 und 1762) den Namen auch auf die skandinavische und sächsische Pflanze (*G. hercynicum* Weigel) ausgedehnt habe. Seither sind wir zu der Überzeugung gelangt, dass entgegen der Ansicht Kerners der Name *G. saxatile* L. für *G. hercynicum* Weigel beibehalten werden kann, und zwar auf Grund der folgenden Überlegungen:

Linnés Spezies erscheint zuerst (1737) im Hortus Cliffortianus (p. 34 n. 8) unter der Bezeichnung „Galium caule ramosissimo foliis quinis obverse ovatis" und mit dem bereits genannten Jussieu'schen Synonym, nebst dem Fundort: „Crescit in scopulis lapidosis marinis Hispaniae." In den „Species plantarum" ed. 1 lautet die Diagnose: „Galium foliis senis obovatis obtusis, caule ramosissimo procumbente"; es folgen als Synonyme die Pflanze des Hortus Cliffortianus, sowie diejenige Jussieus. Diese Änderung von „foliis quinis" in „foliis senis" beweist zum mindesten soviel, dass Linné (wenigstens 1753) nicht, wie dies Kerner annimmt, lediglich die Jussieu'sche Pflanze (die mit fast ausschliesslich fünfzähligen Blattquirlen abgebildet ist!) mit einem binären Namen belegt, sondern dass ihm bei der Aufstellung seiner Art eine konkrete Pflanze — die vielleicht im Clifort'schen Garten kultiviert wurde — vorgelegen hat; ja, es ist sogar direkt wahrscheinlich, dass Linné (1753) die Spezies auf sein Herbarexemplar, das nach Rendle & Britten (Journ. of Bot. 1907, 439) zu *G. hercynicum* Weigel gehört, begründete. Es kann also jedenfalls die Annahme, dass Linné schon 1753 unter *G. saxatile* (zum Teil) *G. hercynicum* verstanden hat, zum mindesten nicht widerlegt werden. — Und was ist nun schliesslich unter der von Linné fälschlich als Synonym zu seinem *G. saxatile* zitierten „spanischen Küstenpflanze" Jussieus, mit deren Zugehörigkeit sich Kerner nicht weiter befasst hat, zu verstehen? Wer die Originalstelle (Hist. Acad. Roy. Sc. Paris année MDCCXIV p. 380 [nicht 492, wie Linné irrig schreibt], t. 15) nachschlägt, wird dort zu seinem Erstaunen finden, dass weder von einer spanischen, noch von einer Küstenpflanze die Rede ist; Jussieu sagt vielmehr von seinem „*Gallium saxatile, supinum, molliore folio*": „Elle est attachée en forme de gazon sur les pentes humides des

Digitized by Google

Rochers de la Vallée de Barcelonette". Barcelonnette ist aber bekanntlich ein Ort in den französischen Basses-Alpes und hat mit der ähnlich klingenden spanischen Stadt Barcelona, mit der Linné offenbar eine Verwechslung passiert ist, nichts zu schaffen. Jussieus *Galium* ist nach der sorgfältigen Beschreibung („... diffère de la précédente[1]) 1° par ses tiges, qui sont toujours couchées et tapies contre terre, 2° par ses feuilles qui sont une fois plus larges, quoiqu'aussi courtes, moins dures ... et ordinairement arrondies par leur extrémité, sur laquelle on n'aperçoit pas la pointe blanche qui se remarque aux feuilles de la précédente, 3° par ses fleurs qui sont presque de moitié plus grandes et d'un blanc sale"), wie nach der Abbildung und dem Fundort unzweifelhaft *G. helveticum* Weigel [*G. hercynicum* kommt in SO.-Frankreich nicht vor], und die Auffassung Lamarcks (Encycl. II [1786], 580) und einiger anderer Autoren, die *G. saxatile* L. im Sinne von *G. helveticum* verwenden, müsste als massgebend betrachtet werden, wenn nicht mit grösster Wahrscheinlichkeit angenommen werden könnte, dass Linné eben doch schon 1753 in erster Linie *G. hercynicum* unter seinem *G. saxatile* verstand, wie wir dies oben zu zeigen versucht haben. Als „nomen confusum" kann *G. saxatile* L. nicht betrachtet werden, da dieser Name, wo er überhaupt in der neueren botanischen Literatur erscheint, seit Grenier & Godron (1850) unseres Wissens ausschliesslich für *G. hercynicum* Weigel verwendet wird.

*Dipsacus sativus* (L.) hat als Autor **Garsault** zu führen: Gars. Fig. pl. II (1764), t. 249; Descr. pl. (1767), 160. (Vergl. Bull. Herb. Boiss. 1907, 503).

Als Autor von *Pulicaria dysenterica* (L.) ist nach Hayek u. Paulin (Abh. zool.-bot. Ges. Wien IV, 2 [1907], 130) zu zitieren: **Bernh.** Syst. Verz. Erf. (1800), 153, statt: S. F. Gray Nat. Arr. II (1821), 463, wie Rendle & Britten (List Brit. Seed-Pl. and Ferns [1907], 16) angeben.

***Petasites hybridus*** (L.) Gärtner, Meyer & Scherbius Fl. d. Wetterau III (1801), 184.

*Tussilago hybrida* L. Spec. pl. (1753), 866 n. 6.

*Tussilago Petasites* L. ibid. n. 7.

*Petasites oratus* Hill 1769; *P. officinalis* Mönch 1794; *P. vulgaris* Desf. 1799. — Cf. Bull. Herb. Boiss. 1907, 345.

[1]) Vorher (l. c. p. 378—9) beschreibt Jussieu unter dem Namen „*Gallium saxatile, minimum, supinum et pumilum.* Inst. R. Herb. 115" eine Art vom „sommet du Mont-Ventou", in der (nach der Abbildung) unschwer eine alpine Form des *G. asperum* Schreber (wohl Ssp. *tenue* [Vill.] Briq. var. *Jussiaei* [Vill.] Gren. et Godron) zu erkennen ist.

Digitized by Google

Die beiden von Linné gleichzeitig (1753) unter *Tussilago* aufgestellten spezifischen Epitheta „*hybrida*" und „*Petasites*" sind gleichberechtigt; ersteres bezeichnet die weibliche, letzteres die zwitterige Pflanze. Da sich mit dem letzteren in der Gattung *Petasites* keine gültige Kombination bilden lässt, so ist klar, dass das erstere zur Bezeichnung unserer Pflanze beibehalten werden muss, wie dies neuerdings Rendle & Britten (Journ. of Bot. XLV [1907], 439) hervorgehoben haben.

***Doronicum romanum*** Garsault Fig. pl. (1764) I, t. 15 A!, Descr. pl. (1767), 10 (cf. Thellung in Bull. Herb. Boiss. 1908, 780).
*Doronicum Pardalianches* β L. Spec. pl. (1753), 885.
*Doronicum cordatum* Lam. Fl. franç. II (1778), 128; Rouy Fl. France VIII (1903), 305.
*Doronicum Matthioli* Tausch in Flora XI, 1 (1828), 183 et in Rchb. Fl. Germ. excurs. sect. II (1831), 234.
*Doronicum Pardalianches* Jacq. Fl. Austr. IV (1776), 26 t. 350 et auct. — non L. (typus).

Der Name *D. Pardalianches* L. muss für diejenige Pflanze reserviert bleiben, die Linné als den Typus seiner Art betrachtet hat, nämlich *D. austriacum* Jacq. Fl. Austr. II (1775), 18 t. 130.

***Senecio Helenitis*** (L.) Schinz et Thellung comb. nov.
*Othonna helenitis* L. Spec. pl. (1753), 925.
*Cineraria longifolia* Jacq. Fl. Austr. II (1774), 49 t. 181 — non *Senecio longifolius* L. (1763).
*Senecio brachychaetus* DC. Prodr. VI (1837), 362.

Von dieser Art kommt in der Schweiz vor die

ssp. ***Gaudini*** (Gremli) Schinz et Thellung.

*Cineraria tenuifolia* Gaudin Fl. Helv. V (1829), 307 — non *Senecio tenuifolius* Burm. (1768).
*Senecio Gaudini* Gremli Excursionsfl. Schweiz ed. 8 (1896), 238[1]).
*Senecio alpester* (Hoppe) DC. ξ *Gaudini* Fiori & Paoletti Fl. anal. Ital. III, 1 (1903), 220.

***Centaurea Stœbe*** L. Spec. pl. (1753), 913 saltem quoad syn. Clus.
*Centaurea rhenana* Bor. Fl. Centr. Fr. ed. 3 (1857), 355.

Wir fassen *C. Stœbe* L. in verbesserter Umgrenzung als Sammelnamen für die ssp. ***maculosa*** (Lam. 1783 pro spec.) (= *C. maculosa* ssp. *eu-maculosa* W. Gugler Die Centauren des Ungar. Nationalmuseums

[1]) Fehlt im Index Kewensis.



Digitized by Google

p. 165 in Ann. Mus. nat. Hung. VI [1908]) und ***rhenana*** (Bor. pro spec.) (= *C. maculosa* ssp. *rhenana* W. Gugler l. c.).

***Leontodon montanus*** Lam. Fl. franç. III (1778), 640 et Encycl. III (1789), 531 [„*montanum*"] (excl. syn. Linn.); Rouy in Bull. Soc. bot. France LIV (1907), 264.

*Picris Taraxaci* All. Fl. Pedem. I (1785), 208 t. XXXI f. 1 (?).

*Hedypnois Taraxaci* Vill. Fl. Delph. (1785), 85, Hist. pl. Dauph. III (1789), 80 t. XXVI.

*Apargia Taraxaci* Willd. Spec. pl. III, 3 (1804), 1580 (excl. syn. Linn.).

*Leontodon Taraxaci* Loisel. Fl. Gall. (1806—7), 513 (excl. syn. Linn.) et auct. plur.

*Hieracium Taraxaci* L. Spec. pl. ed. 2, II (1763), 1125 (*Apargia Taraxaci* Sm. Engl. Fl. III [1825], 353 non Willd.) ist nicht, wie viele Autoren annahmen, = *Leontodon Taraxaci* Loisel. (der in Lappland, von wo Linné seine Art angibt, nicht vorkommt), sondern eine Form des *L. autumnalis* L. (ssp. *borealis* Ball Outl. of a Mon. gen. Leont. [1850], 6 = var. *Taraxaci* Rouy in Bull. Soc. bot. France LIV [1907], 264 not.).

***Sonchus oleraceus*** L. em. Gouan Hort. Monspel. (1762), 407 (typus, excl. var. β); Hill Herb. Brit. (1769), 47 et auct. mult.

*Sonchus oleraceus* var. *laevis* L. Spec. pl. (1753), 794.

*Sonchus laevis* Garsault Fig. pl. (1764) IV, t. 564, Descr. pl. (1767), 331; Bartal. Cat. piant. Siena (1776), 61.

Vergl. Bull. Herb. Boiss. (1907), 517. Die erste spezifische Trennung der beiden Linné'schen Varietäten des *S. oleraceus* (var. *laevis* und *asper*) geht auf Garsault (1764) zurück. Gleichwohl lässt sich der herkömmliche Name *S. oleraceus* (für *S. laevis*) beibehalten, da schon zwei Jahre vorher Gouan den *S. laevis* als Typus des *S. oleraceus* gekennzeichnet hatte. Vergl. über das dabei zur Anwendung gelangende Prinzip: Schinz u. Thellung in Bull. Herb. Boiss. VII (1907), 99, unten.

*Sonchus asper* (L.) **Garsault** Fig. pl. IV (1764), t. 565, Descr. pl. (1767), 332; Hill Herb. Brit. (1769), 47.

***Hieracium murorum*** L. em. Hudson Fl. Angl. (1762), 299; Fries Symb. (1848), 108 et auct. mult.

*Hieracium murorum β sylvaticum* L. Spec. pl. (1753), 803.

*Pulmonaria gallorum* Garsault Fig. pl. IV (1764), t. 475; Descr. pl. (1767), 284.

*Hieracium murorum* * *silvaticum* Fr. Epicr. (1862), 91.

Digitized by Google

*Hieracium silvaticum* Zahn in Koch Syn. ed. 3, 1779 (1901) et in Schinz & Keller Fl. d. Schweiz 2. Aufl. (1905), 555; Zahn Hierac. d. Schweiz (1906), 378 — non Gouan Ill. et obs. bot. (1773), 56 (= *H. saxatile* Vill.?), nec Lam. Fl. franç. II (1778), 96 (= *H. vulgatum* Fr.), nec Retz. Obs. I (1779) 27 (= *H. Retzii* Fries = *H. candicans* Tausch var. *Retzii* Rouy), nec Dahlstedt Bidr. Sver. Hier.-Fl. II (1893), 39 (= *H. bifidum* Kit.).

Der Name *H. silvaticum* kann für die in Frage stehende Art unmöglich beibehalten werden; denn abgesehen davon, dass Hudson schon 1762 das Linné'sche Epitheton „*murorum*" enger gefasst hat — es enthält bei Hudson, im Gegensatz zu Linné, keine koordinierten und benannten Varietäten, sondern einen Typus, der ungefähr dem *H. silvaticum* Zahn entspricht, und einige nicht benannte Abarten (β, γ, δ etc.) —, müsste, wenn man *H. murorum* fallen lassen wollte, mit dem nächstältesten gültigen Epitheton die Kombination *H. gallorum* (Gars.) gebildet werden; endlich ist der Name *H. silvaticum* vor Zahn in verschiedenen abweichenden Bedeutungen gebraucht worden.

***Hieracium tomentosum*** L. Cent. I. pl. (1755), 26!; All. Fl. Pedem. I (1785), 216; „All." Fries Symb. (1848), 99, Epicr. (1862), 78.
*Andryala lanata* L. Amœn. acad. IV (1759), 288.
*Hieracium lanatum* Vill. Prosp. hist. pl. Dauph. (1779), 35 et auct. mult.

Der Index Kewensis identifiziert *H. tomentosum* L. (und die bibliographisch damit identische *Andryala lanata* L.) mit *H. andryaloides* Vill. und unterscheidet ein davon verschiedenes *H. tomentosum* All. (mit dem Synonym *H. lanatum* Vill.); auch Rouy (Fl. France IX [1905], 442) zieht *Andryala lanata* L. (mit dem falschen Zitat „Cent. Pl. I., p. 26") zu *H. andryaloides* Vill. Man kann sich tatsächlich fragen, ob *H. tomentosum* L. 1755 („foliis oblongo-ovatis, hirsutis, sessilibus, subdentatis .... folia obsolete dentata") eher mit *H. lanatum* Vill. Prosp. (1779), 35 („foliis crassis tomentosis integerrimis, caule erecto")[1]) oder mit *H. andryaloides* Vill. ibid. (1779), 35 t. 11 f. 3 („foliis dense tomentosis, basi crispis, sinuatisve, caule patente")[1]) zu identifizieren ist; die von Linné zitierte Abbildung: H. montanum tomentosum Dill. Hort. Elth. (1732), 181 t. 150! scheint eher zu *H. lanatum* zu gehören, weshalb auch Arvet-

[1]) Zitiert nach Allioni (Fl. Pedem. I [1785], 216), welcher Autor ausdrücklich *H. lanatum* Vill. und *H. andryaloides* Vill., sowie *Andryala lanata* L. unter dem neuen Namen *H. tomentosum* vereinigt.

Digitized by Google

Touvet u. Belli (in Fiori & Paoletti Fl. anal. Ital. III, 2 [1904], 467), die *H. lanatum* und *andryaloides* spezifisch trennen, *Andryala lanata* als Synonym zu *H. lanatum* ziehen. Indessen ist diese Frage gegenstandslos für diejenigen Autoren, die, wie Rouy (l. c.) und Zahn (Die Hieracien der Schweiz [1906], 332 seq.), *H. lanatum* und *andryaloides* als Unterarten einer und derselben Spezies (*H. tomentosum* L.; *H. lanatum* Vill. bei Zahn) auffassen.

## c) Differenzen zwischen Rendle-Britten einerseits und Schinz-Thellung anderseits.[1])

476.[2]) ***Calamagrostis lanceolata*** Roth Tent. fl. Germ. I (1788), 34.
*Arundo Calamagrostis* L. Spec. pl. (1753), 81.
*Arundo canescens* Weber in Wiggers Prim. fl. Hols. (1780), 10.
*Calamagrostis canescens* Gmelin Syst. nat. ed. 13, II (1791), 172!; Druce in Ann. Scott. Nat. Hist. (1906), 228 („comb. nov."); „Druce" Rendle & Britten in Journ. of Bot. XLV (1907), 444 et Corr. List. Brit. Seed. Pl. (Dec. 1907), II.

*Arundo canescens* Weber, obwohl vom Autor als von *A. Calamagrostis* L. verschiedene Art aufgestellt, ist für uns gleichwohl ein totgeborener Name, weil Art. 15 zuwiderlaufend. Der Fall ist analog mit denjenigen des *Cucubalus latifolius* Miller; vergl. unsere Ausführungen zu *Silene vulgaris* (Seite 508, 576). Übrigens ist die Kombination *Calamagrostis canescens*, begründet auf *Arundo canescens* Weber, schon 1791 von Gmelin gebildet worden; allerdings fehlt dieses Zitat im Index Kewensis, sowie in der übrigen Literatur.

457. ***Eriophorum latifolium*** Hoppe.
*Eriophorum polystachion* L. ex p., Roth, Rendle & Britten — non alior. (nomen confusum!); cf. pag. 522/3.

459. ***Carex Hostiana*** DC. 1813.
*Carex Hornschuchiana* Hoppe 1824.
*Carex fulva* Host Gram. Austr. IV (1809), 53 t. 95; Rendle & Britten in Journ. of Bot. XLV (Dec. 1907), 443—4 et Corr. List Brit. Seed-Pl. (1907), II; Druce List Brit. Pl. (1908), 76 — non Good.

[1]) Die uns hier berührenden Nomenklaturpublikationen von Rendle und Britten sind, soweit sie sich nicht ganz auf vereinzelte Fragen beschränken: List of british seed-plants and ferns, January 1907. Notes on the List of british seed-plants, in Journ. of Bot., Dezember 1907. Corrigenda to List of british seed-plants, December 1907.

[2]) Gattungsnummer bei Rendle & Britten.

Digitized by Google

Vergl. Bull. Herb. Boiss. (1907), 107, 392, 565. Die Host'sche *Carex fulva* ist mit der Pflanze Goodenoughs, den Host doch als Autor zitiert, nicht identisch; Host hat also dem Goodenough'schen Namen eine der ursprünglichen fremde Bedeutung untergeschoben, bezw. seine Pflanze falsch bestimmt und benannt. Mit Rücksicht auf diese Tatsache kann der Host'sche Name, auch wenn *C. fulva* Good. keine gültige Art bezeichnet[1]), nicht, wie dies Rendle & Britten wollen, als gültiger Name verwendet werden, sondern A. Pyr. de Candolle war vollkommen berechtigt, für *C. fulva* Host non Good. den neuen Namen *C. Hostiana* zu bilden.

422. ***Crocus albiflorus*** Kit. in Schultes 1814.

*Crocus vernus* Wulfen in Jacq. (1778), All. (1785) — non Miller (1768).

*Crocus officinalis* [Hudson 1778 ex p., var. *β silvestris*] Rendle & Britten.

Rendle & Britten (Journ. of Bot. XLV [1907], 442) halten an *Cr. officinalis* Hudson für *Cr. albiflorus* Kit. fest unter Hinweis auf ihre früher (ibid. [1907], 106) gegebene Begründung. Wir sind nach wie vor der Meinung, dass *Cr. officinalis* Hudson (1778), weil im vollen Umfang mit *Cr. sativus* L. (1753) identisch, ein totgeborener Name ist (vergl. Bull. Herb. Boiss. 1907, 561—2).

404. ***Platanthera chlorantha*** Custer ap. Rchb. in Mœssler Handb. II (1828), 1565.

*Orchis chlorantha* Custer in Neue Alpina II (1827), 400![2])

*Orchis virescens* Zollikofer ex Custer l. c. (1827) pro syn.[2]) et in Gaudin Fl. Helv. V (1829), 497.

Vergl. Bull. Herb. Boiss. 1907, 520. — Rendle & Britten (Journ. of Bot. XLV [1907], 441) erklären *Orchis virescens* Zollikofer ap. Gaudin (1829) als den ältesten Namen für die in Frage stehende Art und akzeptieren demgemäss die Kombination *Habenaria virescens* Druce in Ann. Scott. Nat. Hist. (1907), 244; da die genannten Autoren den Custer'schen Namen (von 1827) ebensowenig wie den Custer-Reichenbach'schen (von 1828) erwähnen, so glauben wir

[1]) Wie Rendle & Britten (l c., 1907) aufmerksam machen, hat Goodenough selbst später (Trans. Linn. Soc. III [1797], 77) seine *C. fulva* als Spezies zurückgezogen und als „Var. *β*, spicis fœmineis duabus" zu *C. flava* L. gestellt. In Wirklichkeit ist Goodenoughs Pflanze jedoch nach Kükenthal (Allg. bot. Zeitschr. 1905, 46) = *C. Hostiana* DC. × *Oederi* Retz.

[2]) „Zuerst von Herrn Dr. Zollikofer unterschieden und *O. virescens* genannt, welcher Nahme [sic!] in *chlorantha* geändert, da schon eine ausländische *O. virescens* existiert" (Custer l. c.). Eine rechtsgültige Publikation des Namens *O. virescens* Zollikofer erfolgte unseres Wissens erst 1829 durch Gaudin.

Digitized by Google

annehmen zu müssen, dass ihnen diese beiden von uns (1907 l. c.) angeführten Zitate entgangen sind. Wir haben uns durch Autopsie überzeugt, dass *Orchis chlorantha* Custer a. a. Orte (1827) rechtsgültig publiziert ist, und sehen daher für unsere englischen Freunde keinen Grund, um nicht *Habenaria chlorantha* Babington in Trans. Linn. Soc. XVII, 3 (1837), 463 zu akzeptieren, wie wir dies bereits (l. c.) vorgeschlagen hatten.

411. ***Epipactis***[1]) [Adanson Fam. pl. II (1763), 70 ex p.] Sw. in Act. Acad. Holm. (1800), 231 (sejuncto genere „*Serapias*") ex p.; L. C. Rich. in Mém. Mus. Hist. nat. Paris IV (1818), 51! (sejuncta *Cephalanthera*).

*Serapias* L. Spec. pl. (1753), 949 ex p., Gen. pl. ed. 5 (1754), 406 ex p. — non Sw.

*Helleborine* Hill Brit. Herbal (1756), 477 ex p.; Druce Dillen. Herb. (1907), 115 et List Brit. Pl. (Jan. 1908), 67; Rendle & Britten in Journ. of Bot. XLV (Dec. 1907), 441 et Corr. List Brit. Seed-Pl. (Dec. 1907), II.

Unsere genannten englischen Fachgenossen verwenden für die uns unter dem Gattungsnamen *Epipactis* geläufigen Arten den Namen *Helleborine* Hill em. Druce. Wir können uns diesem Vorgehen nicht anschliessen, da *Helleborine* Hill, weil nach der ausdrücklichen Angabe des Autors synonym mit *Serapias* L., nach unserer Auffassung ein totgeborener Name ist; Hill war (nach Art. 50 der Wiener Regeln) nicht berechtigt, den ihm unpassend erscheinenden Namen *Serapias* L. durch *Helleborine* zu ersetzen. Allerdings muss gesagt werden, dass nach der Diagnose Hills diejenigen Arten, die zu *Serapias* im Sinne von Swartz gerechnet werden (*S. Lingua* L. etc.), ausgeschlossen sind[2]); doch rührt dies in erster Linie (oder ausschliesslich) davon her, dass Hill die Gattungsdiagnose von *Helleborine* auf die englischen Arten (die den heutigen Gattungen *Epipactis* und *Cephalanthera* angehören) zugeschnitten hat, und er spricht in keiner Weise von weiteren Arten, für die der Linné'sche Name in restringiertem Sinne beibehalten werden müsse[3]). — Der gleiche

[1]) Vergl. Seite 588. Der Name *Epipactis* Sw. ist aus uns erst während des Druckes dieses Artikels bekannt gewordenen Gründen hinfällig und muss definitiv doch durch *Helleborine* ersetzt werden.

[2]) Vergl. Druce in Journ. of Bot. XLVI (1908), 9.

[3]) Anfänglich (in einer Besprechung von Druces „Dillenian Herbaria", Journ. of Bot. XLV [1907], 283) vertritt J. Britten eben diesen ablehnenden Standpunkt gegenüber *Helleborine* Hill; später (ibid. p. 441) akzeptieren Rendle & Britten diesen letzteren Namen, obschon sie im Gegensatz zu Druce daran festhalten (Journ. of Bot. 1908, 10), dass Hill *Helleborine* als Äquivalent für *Serapias* L. eingesetzt habe.

Digitized by Google

Vorwurf trifft auch den Namen *Epipactis* Adanson; denn der Autor verwendet diesen für einen Teil von *Serapias* L., welcher letztere Name völlig fallen gelassen wird. Die Aufstellung eines neuen Gattungsnamens für *Serapias Helleborine* L. (d. h. die heutigen Genera *Epipactis* und *Cephalanthera*) war nur dann berechtigt, wenn gleichzeitig *Serapias* L. in einem andern Sinn restringiert wurde; und dies geschah im Jahre 1800 durch Swartz (l. c.). Es stand diesem Autor nach unserer Auffassung frei, für *Epipactis* + *Cephalanthera* einen der beiden bereits bestehenden, aber totgeborenen Namen *Helleborine* und *Epipactis* als gültig zu verwenden oder auch einen neuen Namen zu schaffen; Swartz hat sich für die Beibehaltung von *Epipactis* entschlossen. Die endgültige Fassung (unter Ausschluss von *Cephalanthera*) hat die Gattung dann 1818 durch L. C. Richard erhalten. — [Man könnte uns vielleicht mit Rücksicht auf den in mancher Hinsicht ähnlichen Fall des *Adonis annuus* Hudson (vergl. Seite 535) Inkonsequenz vorwerfen insofern, als wir dort die Beschränkung eines Namens auf die britische Spezies einer Aufteilung äquivalent erachtet haben, während wir hier positive Beweise für die intendierte Aufteilung verlangen. Es ist aber daran zu erinnern, dass es sich in jenem Fall um die vielleicht nicht genügend gerechtfertigte Beibehaltung eines Namens, bei *Helleborine* Hill jedoch um die anfechtbare Neuschaffung eines solchen handelt; dieses letztere Vorgehen ist nach den Wiener Regeln in ungleich höherem Masse verwerflich.] — Endlich sei noch hinzugefügt, dass wir uns mit der Wahl einiger von Druce (l. c.) und Rendle & Britten (l. c.) akzeptierter Speziesnamen in der Gattung *Helleborine* nicht einverstanden erklären können. Die Pflanze, die wir *Epipactis sessilifolia* Peterm. (1844) nennen (vergl. Seite 526), heisst bei diesen Autoren: *Helleborine violacea* (Bor.) Druce, begründet auf *Epipactis violacea* Boreau Fl. Centr. France ed. 3, II (1857), 651 (Druce gibt selbst *E. sessilifolia* als Synonym an); *Epipactis atropurpurea* Raf. (1810) figuriert als *H. atrorubens* („Schult." bezw. „Röhl.")[1]) Druce, begründet auf *E. atrorubens* Schultes 1814 [vergl. Seite 526]; für *E. palustris* endlich bilden Rendle & Britten (l. c. p. 441) die Kombination *H. longifolia,* gestützt auf den nach unserer Auffassung totgeborenen (weil Art. 27 zuwiderlaufenden) Namen *Serapias longifolia* L. 1767 (vergl. Seite 528).

[1]) Druce (List Brit. Pl. [1908], 67) gibt an: „*H. atrorubens* (Roehl.) Druce". In der uns zugänglichen zweiten Auflage von Röhlings „Deutschlands Flora" II (1812), 481 figuriert der Name *atrorubens* als Varietät unter *Epipactis latifolia;* auch in der ersten Auflage (1796) des Röhling'schen Werkes (die wir hier nicht besitzen und die auch in den Bibliotheken von Wien und Berlin fehlt) dürfte die fragliche Pflanze kaum als eigene Art aufgeführt werden.

Digitized by Google

412. ***Cephalanthera alba*** (Crantz) Simonkai.
*Cephalanthera grandiflora* (Scop.) S. F. Gray; Rendle & Britten List of Brit. Seed-Plants and Ferns (1902), 29 et Journ. of Bot. (1907), 441.

Vergl. oben Seite 527/8.

62. ***Silene vulgaris*** (Mönch 1794 sub Behen) Garcke 1869.
*Cucubalus Behen* L. 1753 [non Silene Behen L. 1753].
*Cucubalus latifolius* Miller 1768.
*Cucubalus venosus* Gilib. 1781.
*Silene latifolia* Rendle & Britten 1907.

Vergl. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LI (1906), 218 und Bull. Herb. Boiss. 1907, 506–7.

Rendle & Britten (Journ. of Bot. XLV [Dec. 1907], 433) halten, im Gegensatz zu unserer Auffassung, *Cucubalus latifolius* Miller (1768) für nicht totgeboren, mit der Begründung, dass Miller seine Art für verschieden von dem gleichzeitig aufgeführten *C. Behen* L. gehalten habe; die Tatsache, dass jetzt *C. latifolius* als Synonym von *C. Behen* betrachtet werde, berechtige nicht dazu, den Miller'schen Namen als im Widerspruch mit den Regeln aufgestellt zu bezeichnen. Wir können den aus diesen an sich richtigen Überlegungen gezogenen Konsequenzen nicht beistimmen und halten *C. latifolius* Miller nicht für „gültig", wie dies Art. 56 verlangt, und zwar mit Rücksicht auf Art. 15: „Für jede Pflanzengruppe kennt die Wissenschaft nur einen gültigen Namen, und zwar ist dies in jedem Fall der älteste; nur muss er den Regeln der Nomenklatur entsprechen ..." etc. Wenn also Miller (1768) die gleiche Art gleichzeitig unter drei verschiedenen Namen [der dritte ist *C. angustifolius* Miller, nach der heutigen Auffassung ebenfalls eine Varietät der *Silene vulgaris*] aufführt, so kann nach Art. 15 nur einer „gültig" sein, und zwar der älteste, nämlich *C. Behen* L. 1753.

60. ***Dianthus gratianopolitanus*** Vill. 1789 (cf. Bull. Herb. Boiss. 1907, 402).
*Dianthus caesius* Sm. 1794.
*Dianthus glaucus* Hudson Fl. Angl. ed. 2 (1778), 185; Rendle & Britten in Journ. of Bot. XLV (Dec. 1907), 436 et Corr. List Brit. Seed-pl. (Dec. 1907), I — non L. Spec. pl. (1753) 411, qui = *D. deltoides* L. (1753) var. *glaucus* Ser. in DC. Prodr. I (1824), 361.

Der Name *D. glaucus* Hudson könnte nur dann, wie Rendle & Britten dies kürzlich getan haben, für unsere Pflanze verwendet

Digitized by Google

werden, wenn Hudson seinen *D. glaucus* ausdrücklich als neue Art, d. h. mit seinem eigenen Autornamen, aufgestellt hätte; in Wirklichkeit zitiert er jedoch als Autor: „[L.] Spec. pl. [ed. 2] 588", hat also dem bereits bestehenden Linné'schen Namen eine ganz willkürliche Umdeutung zuteil werden lassen, bezw. seine Pflanze falsch bestimmt.

103. ***Trifolium maritimum*** Hudson Fl. Angl. (1762), 284.
*Trifolium squamosum* [Grufberg in] L. Amœn. acad. IV (1759), 105.

Wir halten daran fest, dass die Namen der Grufberg-Linné'schen Flora Anglica ed. 2 (Amœn. Acad. IV, 1759), denen an Stelle einer Beschreibung lediglich eine auf Rajus' Synopsis weisende Ziffer beigegeben ist, nicht als vollgültig publiziert zu betrachten sind; denn wenn ein Synonym eine Beschreibung ersetzen soll, so darf doch wohl verlangt werden, dass es unter voller Namensnennung aufgeführt wird, da bei dem blossen Zitieren einer Ziffer ein Druckfehler unentwirrbare Konfusionen hervorrufen müsste. Mit Recht wird daher z. B. auch *Ranunculus trichophyllus* Chaix in Vill. Hist. pl. Dauph. I (1786), 335, der nur mit dem allzu kurzen Verweis „Hall. 1162" publiziert ist, von Fr. N. Williams (Journ. of Bot. XLVI, n. 541 [Jan. 1908], 15) als „*nomen nudum*" qualifiziert, desgleichen *Carex caryophyllea* Latour. Chlor. Lugd. (1785) 27 von Hayek (Sched. fl. stir. exs. 11/12 [1907], 5). Ein drastisches Beispiel dafür, welche Unsicherheit aus derartigen unzulänglichen Zitaten entspringen kann, bietet „Myosotis *nana Bocc. T.* 107" Nicol. N. Åmann Flora Alpina (1756) in L. Amœn. acad. IV (1759), 429, womit offenbar „*Echium Scorpioides, Alpinum, tomentosum, nanum, supinum*" Boccone Mus. Piante rare (1697) t. 107 gemeint ist; sicher ist dies jedoch nicht, da erstens auf der gleichen Tafel 107 noch zwei andere Pflanzen abgebildet sind, und zweitens sich in dem gleichen Werk von Boccone ausser der von Åmann gemeinten, auf der Rückseite von T. 128[1]) abgedruckten T. 107 eine zweite T. 107 am richtigen Orte findet; Åmann hätte also mindestens den Boccone'schen Namen wörtlich zitieren müssen. Man tut daher sicherlich recht daran, die Autorschaft der *Myosotis nana* (= *Eritrichium nanum* Schrader) Allioni (1774)[2]) zuzuschreiben. — *Lepidium subvaginatum* Steudel Nom. ed. 2, II (1841), 28 ist begründet auf „Bertero herb. n. 366". Unter dieser Nummer liegt in Berteros Herbar eine Pflanze, auf die die Bezeichnung „*subvaginatum*" in keiner Weise passt, nämlich *L. Cumingianum* Fischer & Meyer

[1]) Allioni (Fl. Pedem. I [1785], 54) zitiert daher: „Bocc. mus. p. 149. t. 129", was nicht richtig ist, da die betr. Tafel wirklich die Zahl 107 trägt und es eine davon verschiedene T. 129 gibt!

[2]) Auct syn. meth. stirp. h. Taur. p. 61. Hier wird das ganze Boccone'sche Polynom aufgeführt.

Digitized by Google

(1835) (= *L. Berteronianum* Steudel l. c. 26, begründet auf Bertero herb. n. 1082). Dagegen ist Nr. 365 von Berteros Herbar eine Pflanze mit verbreiterter, dem Stengel scheidenartig anliegender Blattspindel; es ist daher sehr wahrscheinlich, aber nicht mit Sicherheit nachzuweisen, dass Steudel diese als *L. subvaginatum* bezeichnen wollte, und der letztere Name muss als zu unsicher fallen gelassen werden. — Auch Ascherson u. Graebner (Syn. VI. 2, 587 [1908]) taxieren *Trifolium squamosum* L. als *nomen nudum*.

89. ***Oxalis stricta*** L. Spec. pl. (1753), 435 ex majore p. et auct. plur. — non Robinson nec Rendle & Britten.
*Oxys stricta* All. 1785.
*Oxalis ambigua* Salisb. 1794.
*Oxalis europaea* Jordan 1842—54.
*Oxalis cymosa* Small 1896.
*Oxalis corniculata* O. F. Mueller 1782, Robinson 1906, Rendle & Britten 1907 — non L. nec Gouan Hort. Monspel. (1762), 222, Fl. Monspel. (1765), 244 nec alior., nec *Oxys corniculata* Scop. 1772.

Vergl. Bull. Herb. Boiss. 1907, 510—12, und Rendle & Britten in Journ. of Bot. XL (1907), 436—7. Die Beweisführung zur Aufrechterhaltung des Namens *O. stricta* L. in dem bei den kontinentalen europäischen Floristen eingebürgerten Sinne muss geändert werden. Wir hatten (1907) das Argument vorgebracht, Linnés Diagnose („O. caule ramoso erecto ....") spreche unzweifelhaft für unsere Auffassung der *O. stricta* L., und nur das erste Synonym („Gron. virg. 161") gehöre zu *O. Dillenii* Jacq. (= *O. stricta* Small, Robinson), werden nun aber von Rendle & Britten belehrt, dass auch Linnés Diagnose aus Gronovius' Flora virginica (1743), 161 entnommen ist; nach der Meinung unserer englischen Freunde wäre es also nicht möglich, Linnés Diagnose von Gronovius' Pflanze, von der noch heute ein Beleg existiert, zu trennen. Wir fassen nun bei dieser Sachlage das Problem der *O. stricta* L. folgendermassen auf: Linné hat seiner Art keine eigene Diagnose gegeben, sondern dieselbe auf drei Synonyme begründet, nämlich:

1. OXALIS caule ramoso erecto, pedunculis umbelliferis. *Gron. virg.* 161.
2. Oxys americana erectior. *Tournef. inst.* 80 [irrig für 88!].
3. Trifolium acetosum corniculatum luteum majus rectum indicum s. virgineum. *Moris. hist.* 2, *p.* 184, *s.* 2, *t.* 17, *f.* 3.

Das erste Synonym ist unklar; während die Diagnose auf die durch stets aufrechte Stengel ausgezeichnete *O. stricta* auct. (*O. corni-*

Digitized by Google

*culata* Robinson) weist, gehört Gronovius' Herbarexemplar zu *O. Dillenii* Jacq., einer Art (oder Subspezies der *O. corniculata* auct. eur.) mit in der Regel niederliegenden Stengeln; es scheint also sehr zweifelhaft, ob die Pflanze des Gronovius'schen Herbars, die mit der Diagnose in so auffallendem Widerspruch steht, als Typus der Gronovius'schen Spezies und mithin der *O. stricta* L. betrachtet werden darf. Die Synonyme von Tournefort und Morison, deren ersteres auf das letztere begründet ist, beziehen sich beide zweifellos auf *O. stricta* auct. eur. Selbst wenn die Identität der Gronovius'schen Art im vollen Umfang (d. h. Diagnose + Herbarexemplar) mit *O. Dillenii* Jacq. einwandfrei nachzuweisen wäre, so müsste deswegen noch nicht unter allen Umständen der Name *O. stricta* L. im Sinne dieser letzteren Art verwendet werden. Robinson bringt hier in der Frage der Deutung der *O. stricta* L. das von ihm vertretene Prinzip der Raumpriorität, nach welchem das zuerst angeführte Synonym massgebend wäre, zur Anwendung, ein Prinzip, das in die Wiener Regeln keinen Eingang gefunden hat[1]). Wir halten vielmehr dafür, dass auch hier das mit Art. 5 im Einklang stehende „Opportunitätsprinzip" (Bull. Herb. Boiss. 1907, 511) anzuwenden ist, d. h. für die Auslegung komplexer Arten ist der allgemein eingebürgerte Gebrauch massgebend, sofern er nicht im Widerspruch mit einer formulierten Regel steht. Nach unserer Auffassung war die Inversion der von den europäischen Floristen festgelegten Nomenklatur von *O. corniculata* L. und *O. stricta* L., die erst vor kurzem von den amerikanischen Autoren vorgenommen worden war und 1907 auch von Rendle & Britten akzeptiert wurde, nicht genügend begründet. Es sei noch hinzugefügt, dass auch G. Claridge Druce (List Brit. Pl. [1908], 15) die von Robinson vorgeschlagene Nomenklatur der fraglichen Oxalis-Arten nicht akzeptiert. — Rendle & Britten halten nicht nur an ihrer Auffassung der *O. stricta* „L." im Sinne von *O. Dillenii* Jacq., sondern auch, trotz der zugestandenen Inkongruenz mit der Linné'schen Diagnose, an *O. corniculata* „L." für *O. stricta* auct. eur. fest, ohne neue Beweisgründe für ihre Anschauung ins Feld zu führen; wir verweisen daher auf unsere früheren Ausführungen (1907). Es sei nur nochmals daran erinnert, dass die Spezies des Linné'schen „Hortus Cliffortianus" (1737), 175 n. 4 komplex ist, indem die Diagnose („caule ramoso, pedunculis multifloris") sich auf beide hier in

[1]) Man muss wohl sagen: glücklicherweise; denn wenn dieses Prinzip zu einer Regel mit rückwirkender Kraft erhoben würde, müsste es unfehlbar eine grosse Anzahl wenig vorteilhafter Änderungen von Pflanzennamen zur Folge haben, wie z. B. der vorliegende Fall beweist.

Digitized by Google

Frage kommenden Arten (*O. stricta* auct. und *O. corniculata* auct.) beziehen kann, während die Synonyme sämtlich ex toto oder doch ex parte[1]) zu *O. corniculata* auct. gehören. 1753 (Spec. pl. ed. 1) hat Linné dann eine Scheidung in eine Art mit kriechendem Stengel (*O.* (*corniculata*) caule ramoso diffuso, pedunculis umbelliferis. Hort. Cliff. 175) und eine solche mit aufrechtem Stengel (*O.* (*stricta*) caule ramoso erecto, pedunculis umbelliferis. Gron. virg. 161) vorgenommen: wenn er zu der ersteren Art den Hortus Cliffortianus zitiert, so kann er unmöglich, wie dies Rendle & Britten annehmen, die im Cliffort'schen Garten kultivierte Pflanze (*O. stricta* auct.), die zu der Diagnose von 1753 gar nicht passt, gemeint haben, sondern nur die betreffende Literaturstelle (mit den Synonymen). Beiläufig bemerkt, trifft die Angabe von Rendle & Britten, dass Linné die Diagnose seiner *O. corniculata* dem Hortus Cliffortianus entnommen habe, nicht zu, wie aus dem Vergleich der von uns eben angeführten Zitate hervorgeht. — Wir betrachten den Fall der *O. corniculata* L. als Beleg für die Notwendigkeit, neben dem von Robinson vertretenen „Raumprioritätsprinzip" und dem „Restprinzip" ein „Opportunitätsprinzip" anzuerkennen; denn die konsequente Durchführung des ersteren Prinzips würde das absurde Resultat ergeben, dass man unter *Oxalis corniculata* L., die der Autor als „caule diffuso" charakterisiert, eine Art mit aufrechtem Stengel, unter *O. stricta* L. („caule erecto") dagegen eine Art mit niederliegendem Stengel zu verstehen hätte.

85. *Hypericum quadrangulum* L.

Rendle & Britten (Journ. of Bot. [1907], 434) halten auch in ihrer jüngsten Nomenklaturarbeit an diesem Namen fest und verwerfen überhaupt die Kombination *H. acutum* Mönch mit der Begründung, dass dies ein totgeborener Name sei. Nun glauben wir unserseits in einer Reihe von Publikationen, zuletzt in unseren Nomenklaturbegründungen (Bull. Herb. Boiss. VII [1907], 494), gezeigt zu haben, dass das Epitheton *quadrangulum,* weil zu Konfusion führend, nicht anwendbar sei, und wir haben die Kombination *Hypericum quadrangulum* daher auf Seite 580 der erwähnten Nomenklaturbegründungen unter die Nomina confusa versetzt. Wie sehr

[1]) Von den sieben von Linné zitierten Synonymen gehören sicher zu *O. corniculata* auct. eur.: 1. Clusius! 2. Bauhin Hist.! 3. Lobel (Dalechamp!), 6. Bauhin Pin.! und 7. Morison!; das vierte Synonym (Oxys Caesalp. syst. 564!) lässt sich, da die Beschreibung des Autors keines der die beiden fraglichen Arten trennenden Merkmale erwähnt, nicht mit Sicherheit identifizieren: „Acetosella flore luteo, capsula corniculata" Rupp. Fl. Jen. 102! ist wenigstens nach den angeführten Synonymen von J. und C. Bauhin = *O. corniculata* auct., während sich die Standorte („In horto medico & aliis floret Majo...") vielleicht zum Teil auf *O. stricta* auct. beziehen.

Digitized by Google

diese unsere Auffassung begründet ist, geht wohl schon daraus hervor, dass neuerdings George Claridge Druce (List of British plants [1908], 13) die Kombination *H. quadrangulum* L. wieder einführt, aber ... an Stelle von *H. maculatum Crantz,* so dass nunmehr unsere englischen Kollegen in der Folge zwei total verschiedene Pflanzen *H. quadrangulum* benennen!

Diese Konfusion herrschte nun aber bereits zur Zeit des Erscheinens der zweiten Auflage von Linnés Species plant. und wir betrachten daher die Mönch'sche Kombination ***H. acutum*** nicht als totgeboren, sondern vielmehr als zu Recht bestehend.

136. ***Epilobium alpinum*** L. Spec. pl. (1753), 348 ex p.; Vill. Prosp. hist. pl. Dauph. (1779), 45 et auct. plur.

*Epilobium anagallidifolium* Lam. Encycl. II (1786), 376 et auct. mult.; Rendle & Britten in Journ. of Bot. XLV (Dec. 1907), 438.

Rendle & Britten (l. c.) halten, wie schon früher E. S. Marshall (Journ. of Bot. ibid., 367), an *E. anagallidifolium* Lam. fest, den Namen *E. alpinum* L. gleichzeitig für das nordische *E. lactiflorum* Hausskn. (1879) reservierend, das sich nach Haussknecht (Mon. Epilob. [1884], 159) unter dem Namen *E. alpinum* in Linnés Herbar findet. Demgegenüber ist daran zu erinnern, dass Linnés Spezies ein homogenes Gemenge aus mindestens drei Arten (*E. lactiflorum* Hausskn. und *E. anagallidifolium* Lam., die beide in den von Linné zuerst genannten Synonymen[1]) Fl. Suec. und Fl. Lapp. enthalten sind, sowie *E. alsinifolium* Vill.) ist. Da sowohl in Schweden als auch in Lappland *E. anagallidifolium* neben *E. lactiflorum* vorkommt, so ist dem Umstand, dass in Linnés Herbar als *E. alpinum* zufällig *E. lactiflorum* liegt, wohl geringere Wichtigkeit zuzumessen als der Tatsache, dass Villars, der (1779) zuerst die Aufteilung der Linné'schen Kollektivspezies angebahnt hat, dabei *E. alpinum* im Sinne von *E. anagallidifolium* präzisiert hat; *E. alpinum* L. em. Vill. 1779 hat demnach nach unserer Auffassung die Priorität vor *E. anagallidifolium* Lam. 1786. Man kann sich allerdings fragen, ob es nicht zweckmässiger wäre, *E. alpinum* L. nur im ursprünglichen Sinn als Sammelnamen für *E. lactiflorum* Hausskn., *anagallidifolium* Lam. und *alsinifolium* Vill. zu verwenden, zumal da diese drei Arten nach der Auffassung des französischen Epilobienkenners H. Léveillé (in sched.) doch nicht spezifisch verschieden sind (vergl. jedoch über diesen letztern Punkt: Burnat Fl. Alpes-Marit. III, 2 [1902], 194).

---

[1]) Das einzige unzweideutige Synonym, das Linné aufführt (Hall. helv. 409), gehört zu *E. anagallidifolium.*

Digitized by Google

256. ***Loiseleuria*** oder *Azalea?*

Rendle & Britten (Journ. of Bot. [1907], 440) verlangen Restitution des Gattungsnamens *Azalea,* darauf aufmerksam machend, dass, da *Azalea* in *Rhododendron* aufgegangen sei, durch die Überführung der Linné'schen *Azalea procumbens* in die Gattung *Loiseleuria,* die Gattungsbezeichnung *Azalea* verschwinde. Ganz abgesehen davon, dass nun einmal *Loiseleuria* unter den nomina conservanda der Wiener Regeln figuriert, war Desvaux unzweifelhaft berechtigt, die von ihm von der Gattung *Azalea* abgetrennte *A. procumbens* in eine neu zu benennende Gattung zu stellen, da er nicht wissen konnte, dass durch die Einziehung der restierenden Linné'schen *Azalea*-Arten in die Gattung *Rhododendron* die Gattung *Azalea* in der Folge in die Synonymie verfallen werde. *Azalea* teilt damit das Schicksal manch anderer Gattungen, die, weil *ex maxima parte* mit einer anderen gleichen Alters synonym, eingezogen werden müssen (ganz ähnlich verhält es sich mit *Ervum* L. 1753/4; die meisten Arten dieses Genus werden heute zu *Vicia* L. 1753/4 gerechnet, und *E. Lens* L. konstituiert das noch heute zu Recht bestehende Genus *Lens* Hill 1756, für welchen Namen *Ervum* L. in veränderter Bedeutung einzusetzen, nach den Bestimmungen des Art. 45 durchaus keine Notwendigkeit vorliegt). G. Claridge Druce, der sonst die Liste der nomina conservanda nicht anerkennt, hat gleich uns *Loiseleuria* beibehalten (l. c. pag. 47).

237. *Lactuca muralis* (L.) **Fresen.** Taschenb. (1831—2), 484.

Wir können den Argumenten, die unsere Freunde Rendle & Britten neuerdings (Journ. of Bot. XLV [Dec. 1907], 439) zugunsten des Autornamens Gärtner (Fruct. II [1791], t. 158) für die genannte Kombination vorbringen, nicht beistimmen. Gärtner gibt (l. c.) eine Abbildung der Frucht (mit vergrösserten Detailbildern) von „*L. muralis*", ohne weitere Angaben. Auf S. 363 wird die Pflanze allerdings mit kurzer Diagnose und Synonymen eingeführt, aber unter der Gattung *Chondrilla,* und „Lactuca in Icon." wird nur als Synonym dazu zitiert.

Digitized by Google

## d) Differenzen zwischen G. Claridge Druce einerseits und Schinz und Thellung anderseits.[1])

***Dryopteris spinulosa*** (Müller 1767 sub *Polypodio*) O. Kuntze ssp. ***dilatata*** (Hoffm. 1795 sub *Polypodio*, pro spec.) C. Christensen.

*Polypodium aristatum* Vill. 1789 — non Forster 1786.
*Lastraea aristata* Rendle & Britten 1907 — [non Moore 1858].
*Dryopteris aristata* Druce List Brit. Pl. (Jan. 1908), 87.

Vergl. Schinz & Thellung in Bull. Herb. Boiss. 1907, 567. Es sei nochmals hervorgehoben, dass *Polypodium aristatum* Forster (1786) zur Gattung *Polystichum, P. aristatum* Vill. (1789) dagegen zu *Lastraea* gehört. Wer, wie dies Druce (l. c.) tut, diese beiden Gattungen als solche aufrecht erhält und für *Lastraea* den älteren Namen *Dryopteris* einsetzt, kann für unsere Pflanze die Kombination *Dr. aristata* (Vill.) bilden; für denjenigen dagegen, der, wie wir dies nach dem Vorgang Aschersons (Syn.) getan haben, *Polystichum* und *Lastraea* mit *Dryopteris* vereinigt, ist *P. aristatum* Vill. ein totgeborener Name, als jüngeres Homonym zu dem der gleichen Gattung angehörigen *P. aristatum* Forster, der älteste gültige Name dagegen *P. dilatatum* Hoffm.

***Juncus acutiflorus*** Ehrh. ex G. F. Hoffm. Deutschl. Fl. (1791), 125; A. et G., Buchenau in Englers Pfl.reich 25. Heft [IV. 36] (1906), 208.

*Juncus sylvaticus* auct. mult.; Druce List Brit. Pl. (1908), 71 — non Hudson (1762) nec Reichard Fl. Mœno-Francof. II (1778), 181.

Der Name *J. sylvaticus* Reich., der hin und wieder für die in Frage stehende Art verwendet worden ist, kann nicht in diesem Sinne beibehalten werden. Der Autor gibt nämlich seiner Art, der er, beiläufig bemerkt, den Autornamen „Linn." zuschreibt, keine eigene Diagnose, sondern zitiert lediglich die beiden Synonyme: „*J. foliis articulatis teretibus, panicula repetito ramosa.* Hall. Helv.

[1]) Wir verweisen auf die folgenden beiden nomenklatorischen Publikationen von Druce: 1. On the nomenclature of british plants as affected by the law adopted by the botanical congress at Vienna (in The Annals of Scottish Natural History, October 1906) und 2. List of british plants, January 1908.

Digitized by Google

n. 1323" und (p. 182): „*Juncus articulatus*. Var. β. Linn. Syst. Nat. Tom. II. p. 250", von denen sich das erste sicher, das zweite („β Sylvaticus *foliis teretibus* Hall." L. Syst. ed. 13, II [1770], 250!) mit grösster Wahrscheinlichkeit auf *J. subnodulosus* Schrank (*J. obtusiflorus* Ehrh.) bezieht. Wollte man daher den Namen *J. sylvaticus* Reichard (1778) beibehalten, so könnte dies nur für *J. subnodulosus* Schrank 1789 (*J. obtusiflorus* Ehr. 1791; cf. Bull. Herb. Boiss. 1907, 570) geschehen, wie es z. B. Brotero (Fl. Lusit. I [1804], 517) und F. Schultz (Prodr. fl. Starg. [1806], 88) getan haben. Angesichts der Tatsache, dass der Reichard'sche Name noch heute in unrichtigem Sinne (für *J. acutiflorus* Ehrh.) bei einigen Floristen im Gebrauch ist, muss er jedoch als „*nomen confusum*" völlig ausser Kurs gesetzt werden. Zudem ist *J. sylvaticus* Reich. schon aus dem Grunde höchst anfechtbar, weil durch seine Aufstellung ein Homonym zu dem älteren und in der Gattung *Juncus* gültigen Namen *J. sylvaticus* Hudson Fl. Angl. (1762), 132 geschaffen wurde; Reichards Name widerspricht daher einer Nomenklaturregel (Art. 27) und kann folglich nach Art. 2 nicht beibehalten werden (die Aufstellung eines von dem Hudson'schen [zu der Gattung *Luzula* gehörigen] verschiedenen *J. silvaticus* war erst vom Momente der Abtrennung des Genus *Luzula* zulässig). Wie spätere Autoren dazu gekommen sein mögen, in *J. sylvaticus* Reich. den *J. acutiflorus* Ehrh. zu erblicken, ist gerade so schwer verständlich, wie das Vorgehen Hoppes (Bot. Taschenb. 1800 [1801], 231), der *J. subnodulosus* Schrank als Synonym zu *J. acutiflorus* Ehrh. gezogen hat. Die Konfusion geht wohl auf Roth zurück, der (Tent. fl. Germ. II, 1 [1789], 405) unter dem Namen *J. sylvaticus* „Reichard" *J. acutiflorus* und *J. subnodulosus* (*obtusiflorus*) vermengt; die Beschreibung der vegetativen Teile passt besser auf *J. subnodulosus*, diejenige der Blütenhüllblätter („calycum foliolis mucronatis, angustioribus, acutissimis; tribus interioribus paulo brevioribus[1])") wohl nur auf *J. acutiflorus*. Eine ähnliche Konfusion findet sich auch bei Borkhausen (Fl. d. ob. Grafschaft Catzenelnbogen, in „Der Botaniker" Heft XIII—XV [1795]), dessen *J. sylvaticus* (l. c. p. 175) nach dem Synonym „*J. acutiflorus* Hoffm." und der Angabe „Kelchblättchen spitz, abwechselnd grösser" zu *J. acutiflorus* Ehrh. gehört, während das Zitat von Reichard, sowie das Synonym „*J. subnodulosus* Schrank" und die Beschreibung „Blätter rund" auf *J. subnodulosus* (*obtusiflorus*) weisen. Diese letztere Art ist teilweise auch noch in *J. aquaticus* „Roth" Borkh. l. c. p. 274 enthalten, nämlich in Form des Synonyms *J. obtusiflorus* Hoffm. und der Angabe „Kelchblätter stumpf, gleich",

[1]) Wohl irrtümlich statt: longioribus.

Digitized by Google

während *J. aquaticus* All., Roth, Borkh. ex altera p. = *J. articulatus* L. (*J. lampocarpus* Ehrh.) ist.

***Quercus sessiliflora*** Salisb. Prodr. (1796), 392.
*Quercus sessilis* Ehrh. Beitr. V. (1790), 161, nomen nudum!; C. K. Schneider Ill. Handb. Laubholzkunde II (1904), 196; Druce List Brit. Pl. (1908), 64.
*Quercus Robur* var. *sessilis* Martyn Fl. Rust. (1792), t. 11.

***Sanguisorba*** L. [Spec. pl. (1753), 116] Gen. pl. ed. 5 (1754), 53 sens. ampl.; em. Hill Brit. Herb. (1756), 346; Scop. Fl. Carn. (1760), 279, ed. 2, I (1772), 109.
*Poterium* L. [Spec. pl. (1753), 994] Gen. pl. ed. 5 (1754), 430 sens. ampl.; emend. Bentham et Hooker Gen. pl. I, 624 (1862); Druce List Brit. pl. (1908), 24.

Nach Art. 46 der Wiener Regeln ist bei der Vereinigung zweier oder mehrerer gleichartiger Gruppen gleichen Datums das Vorgehen desjenigen Autors massgebend, der als erster die Vereinigung vorgenommen hat, und dies war in unserm Fall offenbar Hill (1756), der dabei *Sanguisorba* in erweitertem Sinn beibehalten hat.

***Cuscuta Epilinum*** Weihe Arch. Apothek. VIII (1824), 54.
*Cuscuta vulgaris* Druce in Ann. Scott. Nat. Hist. (Oct. 1906), 223 et List Brit. Pl. (1908), 51 — non Pers. nec Presl.

Druce (l. c.) gibt als Autor für seine *C. vulgaris:* „J. & C. Presl Fl. Cech. 56 (1819)" an. Die Presl'sche Spezies ist jedoch, wie dies die von Dr. E. Janchen-Wien freundlichst für uns kopierte Diagnose („flor. subsessilibus, corol. 4—5-andris fauce nudis, stigmat. acutis"), die wörtlich aus Persoons Encheiridium entnommen ist, lehrt, nichts anderes als *C. vulgaris* Pers. Encheir. I (1805), 289, mithin, wie Persoon selbst angibt, *C. europaea* L. Überdies zitieren J. & C. Presl selbst „Pers." als Autor und haben keineswegs eine neue Spezies aufgestellt. Die sicherlich irrige Identifikation von *C. vulgaris* Presl mit *C. Epilinum* Weihe geht auf Engelmann zurück: Syst. Arr. Cuscuta in Trans. Acad. sc. St. Louis I (1859), 470.

*Myosotis scorpioides* „L." wird von Druce (List Brit. Pl. [Jan. 1908], 51, wie schon früher in Ann. Scott. Nat. Hist. [1907], 243) im Sinne von *M. arvensis* (L.) Hill (*M. intermedia* Link) verwendet. Wir verbleiben bei unserer früheren Auffassung (Bull. Herb. Boiss. 1907, 338—9): *M. scorpioides* Hill = *palustris* auct., und befinden uns dabei in Übereinstimmung mit Rendle & Britten, die (Journ.



Digitized by Google

of Bot. XLV [Dec. 1907], 440), mit sehr einleuchtenden Gründen ihre frühere, auch von uns akzeptierte Anschauung verteidigen.

***Galium asperum*** Schreber 1771. — *G. sylvestre* Pollich 1776 non Scop.; Druce List Brit. Pl. (1908), 33.

Vergl. Bull. Herb. Boiss. 1907, 515. Hinzuzufügen ist, dass auch Rendle & Britten (Journ. of Bot. XLV (1907), 439 und Corr. List Brit. Seed.-pl. [1907], 1) auf unsere Bemerkung hin den Namen *G. asperum* Schreber akzeptiert haben.

***Valeriana excelsa*** Poiret Encycl. VIII (1808), 301 ist nach der übereinstimmenden Annahme der meisten neueren Floristen ein älterer Name für *V. sambucifolia* Mikan in Pohl Tent. fl. Bohem. I (1810), 41; Druce List Brit. Pl. (1908), 34.

---

# Nachträge.

***Lycopodioides*** Böhmer in Ludwig Defin. gen. pl. ed. 3 (1760), 485 sens. ampl.; O. Kuntze Revis. gen. pl. II (1891), 824 („Lycopodiodes"); E. Janchen Die europ. Gattungen der Farn- u. Blütenpfl. nach dem Wettstein'schen System (1908), 4.

*Selaginoides* Böhmer l. c. (1760), 484.

*Selaginella* Pal. Prodr. fam. Aethéogam. (1805), 101 sens. ampl.; Spring in Flora XXI (1838), 148.

***Lycopodioides selaginoides*** (L.) O. Ktze. Rev. Gen. pl. II (1891), 824.

*Lycopodium selaginoides* L. Spec. pl. ed. 1 (1753), 1101.

*Selaginella selaginoides* Link. Fil. sp. h. Berol. (1841), 158.

***Lycopodioides helvetica*** (L.) O. Ktze. Rev. Gen. pl. II (1891), 824.

*Lycopodium helveticum* L. Spec. pl. ed. 1 (1753), 1104.

*Selaginella helvetica* Link Fil. sp. h. Berol. (1841), 159.

***Trichoon*** Roth in Rœmer Arch. Bot. I, 3 (1798), 37.

*Arundo* L. Spec. pl. (1753), 81 ex p., Gen. pl. ed. 5 (1754), 35 ex p.; Pal. Agrost. (1812), 60.

*Phragmites* Trin. Fund. Agrost. (1820), 134.

Vergl. oben Seite 520/1.

Digitized by Google

***Trichoon Phragmites*** (L.) Schinz et Thellung.
*Arundo phragmites* L. Spec. pl. (1753), 81.
*Trichoon Karka* Roth l. c. (1798).
*Phragmites communis* Trin. Fund. Agrost. (1820), 134.

*Schœnoplectus* Palla in Verh. Zool. bot. Ges. Wien Sitzb. XXXVIII (1888), 49 hat nach E. Janchen (Österr. bot. Zeitschr. [1908], 468) folgende ältere Synonyme:

***Heleophylax*** Pal. ex Lestib. Ess. Fam. Cyp. (1819), 41.
*Hymenochœta* Pal. l. c.
*Pterolepis* Schrader in Gött. Gel. Anzeiger III (1821), 2071.
*Elytrospermum* C. A. Meyer in Mém. Sav. Etr. Pétersb. I (1830), 200.
*Malacochæte* Nees in Linnæa IX (1834), 292.

Da ***Heleophylax*** rechtsgültig publiziert worden ist, ist die Gattungsbezeichnung *Schœnoplectus* zu ersetzen durch diesen älteren Namen — wie dies auch bereits Janchen (Die europ. Gattungen der Farn- und Blütenpflanzen nach dem Wettstein'schen System [1908], 24) getan hat — und unsere schweizerischen Vertreter haben daher folgende Bezeichnungen zu tragen:

***H. supinus*** (L.) Schinz et Thellung.
*Schœnoplectus supinus* (L.) Palla.

***H. mucronatus*** (L.) Schinz et Thellung.
*Schœnoplectus mucronatus* (L.) Palla.

***H. triquetrus*** (L.) Schinz et Thellung.
*Schœnoplectus triquetrus* (L.) Palla.

***H. americanus*** (Pers.) Schinz et Thellung.
*Schœnoplectus americanus* (Pers.) Volkart.

***H. carinatus*** (Sm.) Schinz et Thellung.
*Schœnoplectus carinatus* (Sm.) Palla.

***H. lacustris*** (L.) Schinz et Thellung.
*Schœnoplectus lacustris* (L.) Palla.

***H. Tabernaemontani*** (Gmelin) Schinz et Thellung.
*Schœnoplectus Tabernaemontani* (Gmelin) Palla.

***Peramium*** Salisb. in Trans. Hort. Soc. I (1812), 301.
*Epipactis* Böhmer in Ludwig Defin. gen. pl. ed. 3 (1760), 357 — non Adanson 1763 nec alior. (nomen confusum).
*Erporkis* Thouars in Nouv. Bull. Soc. Philom. Paris (1809), 317 ex p. — non Thou. 1822 nec O. Kuntze Revis. Gen. pl. I (1891), 660 (= *Platylepis* Rich. 1828).
*Goodyera* R. Br. in Aiton Hort. Kew. ed. 2, V (1813), 197.

Digitized by Google

***Peramium repens*** (L.) Salisb. l. c. (1812).
*Satyrium repens* L. Spec. pl. (1753), 943.
*Epipactis repens* Crantz Stirp. Austr. VI (1769), 473.
*Goodyera repens* R. Br. in Aiton Hort. Kew. ed. 2, V (1813), 198.

***Serapiastrum*** O. Kuntze Revis. gen. pl. III" (1898), 141.
*Serapias* Sw. in Act. Holm. (1800), 223 t. 3 fig. H — non L.
Vergl. unten die Ausführungen über *Helleborine*.

***Serapiastrum longipetalum*** (Ten.) Eaton in Proc. Biol. Soc. Washington XXI (1908), 67.
*Helleborine longipetala* Ten. Prodr. fl. Neap. (1811), 53.
*Serapias longipetala* Pollini Fl. Veron. III (1824), 30.

***Helleborine*** Hill Brit. Herbal (1756), 477.
*Serapis* L. Spec. pl. (1753), 949 ex majore p., Gen., pl. ed. 5 (1754), 406 ex p. — non Sw. 1800 nec alior. (nomen confusum).
*Epipactis* [Adanson 1763 ex p.] Sw. 1800 et auct. plur. — non Böhmer 1760 (= *Goodyera* R. Br. 1813).

Vergl. Seite 574/5, wo wir, in Unkenntnis des Umstandes, dass *Epipactis* zuerst (durch Böhmer 1760) in der Bedeutung von *Goodyera* aufgestellt worden ist, diesem ersteren Namen gegenüber *Helleborine* Hill den Vorzug gegeben hatten. *Serapias* L. 1753/4 (l. c.) enthält zwei Arten, *S. Helleborine* L. mit sieben koordinierten, zum Teil benannten Varietäten (= *Epipactis* auct. + *Cephalanthera*) und *S. Lingua* L. Da die Gattung *Epipactis* auct. (namentlich mit Einschluss von *Cephalanthera*) bedeutend artenreicher ist als *Serapias* auct., so hätte der Linné'sche Name für *Epipactis* einzutreten; indessen empfiehlt es sich, ihn vorläufig als „nomen confusum" völlig ausser Kurs zu setzen.

***Helleborine palustris*** (Miller) Schrank Fl. Monac. (1811—18) II, 190.
*Serapias Helleborine η palustris* L. 1753.
*Epipactis palustris* Crantz 1769.
Vergl. Bull. Herb. Boiss. (1907), 559—60.

***Helleborine atropurpurea*** (Rafin.) Schinz et Thellung.
*Epipactis atropurpurea* Rafin. 1810.
*Epipactis atrorubens* Schultes, *E. rubiginosa* Koch.
*Helleborine atrorubens* Druce Dillen. Herbar. (1907), 115.
Vergl. oben Seite 526.

***Helleborine latifolia*** (Hudson) Druce Dillen. Herbar. (1907), 115.
*Epipactis latifolia* All. 1785.
Vergl. Bull. Herb. Boiss. (1907), 559 und oben Seite 527/8.

Digitized by Google

***Helleborine purpurata*** (Sm.) Druce in Journ. of Bot. Nr. 553 (Jan. 1909), 28.

*Epipactis purpurata* Sm. Engl. Fl. IV (1828), 41 sec. Druce l. c. (1909).

*Epipactis violacea* Boreau Fl. Centre Fr. II (1840), 651 sec. Druce l. c.

*Helleborine violacea* Druce Dillen. Herb. (1907), 115.

*Epipactis sessilifolia* Peterm. 1844.

Siehe oben Seite 526, 575.

***Helleborine microphylla*** (Ehrh.) Schinz et Thellung.

*Serapias microphylla* Ehrh. Beitr. IV (1789), 42.

*Epipactis microphylla* Sw. in Act. Holm. (1800), 232.

***Arabidopsis*** Heynh. Fl. Sachsens (1842), 538.

*Stenophragma* Čelak. in Arch. Naturw. Landesd. Böhm. III (1875), 445.

***Arabidopsis Thaliana*** (L.) Heynh. l. c. (1842), 538.

*Arabis Thaliana* L. Spec. Pl. ed. 1 (1753), 665.

*Stenophragma Thalianum* Čelak. l. c. (1875), 445.

***Fumana vulgaris*** Spach Hist. nat. vég. Phan. VI (1838), 11 ex p.

*Cistus Fumana* L. Spec. pl. (1753), 525.

*Helianthemum Fumana* Miller Gard. Dict. ed. 8 (1768), n. 6.

*Fumana Fumana* Karsten Fl. Deutschl. ed. 2, II (1895), 176.

*Cistus nudiflorus* Lam. Fl. franç. III (1778), 163.

*Fumana nudiflora* E. Janchen in Österr. bot. Zeitschr. (1908), 396.

*Helianthemum procumbens* Dunal in DC. Prodr. I (1824), 240.

*Fumana procumbens* Gren. & Godron Fl. France I, 1 (1847), 173.

*Stegritis calycinus* Rafin. Fl. Tellur. (1838), 132 — non *Fumana calycina* (Dunal) Clauson 1878.

Da sich nach Art. 55, 2 der Wiener Regeln mit dem ältesten spezifischen Epitheton „*Fumana*", in der Gattung *Fumana* keine gültige Kombination bilden lässt, so ist dasselbe nach Art. 56 durch den nächstältesten gültigen Namen zu ersetzen; und zwar ist als solcher offenbar *Fumana vulgaris* Spach (1838) zu betrachten, da die Namen *Cistus nudiflorus* Lam. (1778), *Helianthemum procumbens* Dunal (1824) und *Stegritis calcynus* Rafin. (1838), weil den Artikeln 50 bezw. 48 widersprechend, nach Art. 15 keinen Anspruch auf Gültigkeit machen können.

***Legousia*** oder *Specularia?*

Vergl. Bull. Herb. Boiss. (1907), 343. Robinson und Fernald (in Grays New Man. of Bot. ed. 7 [1908], 766) verwenden *Specularia*

Digitized by Google

als gültig, und zwar mit der Autorbezeichnung: „(Heist.) Fabricius", womit offenbar Phil. Conr. Fabricius' „Enumeratio methodica Plantarum horti medici Helmstadiensis . . . ." (1759) gemeint ist; leider existiert dieses Werk weder in Zürich noch in Wien, und auch in Berlin ist nur die zweite Auflage (von 1763) vorhanden. Wie uns Freund Herter-Wien freundlichst mitteilt, findet sich daselbst (p. 225) der Name *Specularia* in folgendem Zusammenhang:

SPECULARIA *Heister*. Campanula caule ramosissimo, diffuso, foliis oblongis, subcrenatis, calycibus solitariis, corolla longioribus, capsulis prismaticis L. sp. 27. arvensis minima *Dodon*. Pempt. 168. Avicularia Sylvii quibusdam *J. Bauh*. 2. 800. *Venus-Spiegel* Germania. Europa australior.

*Specularia* (Campanula) arvensis, erecta, vel speculum veneris minus *Rai* Synops. 278. Descriptio. Campanula caule basi subramoso, stricto, foliis oblongis, crenatis, calycibus aggregatis, corolla longioribus, capsulis prismaticis L. Sp. 28. Anglia. Gallia.

Eine Gattungsdiagnose fehlt somit bei *Specularia* (solche sind überhaupt in dem ganzen Werk nicht vorhanden), und das allzu kurze Zitat „Heister" — gemeint ist: Heister Syst. pl. gen. (1748), 8 — ist sicherlich, zumal nach dem von uns oben (Seite 577) aufgestellten Prinzip, unzureichend, um eine Beschreibung zu ersetzen. Wir halten also an *Legousia* Durande (1782) fest, solange nicht der Nachweis erbracht wird, dass in der ersten Auflage des *Hortus Helmstadiensis* (1759) oder vielleicht in der dritten Auflage des gleichen Werkes (1776) das Genus *Specularia* rechtsgültig publiziert ist.

Digitized by Google

# Register

**zu unsern Nomenklaturbegründungen in der Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich LI (1906) (Zahlen kursiv), im Bulletin de l'herbier Boissier 2me série, VII (1907) (Zahlen gewöhnlich) und in der Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich LIII (1908) (Zahlen fett).**


Abies . . . . . **516**
Acer . . . . . *492*
Actæa . . 181, 505, **534**
Adenostyles *498*, 577, 580
Adonis . . . 504, **535**
Aera . . . . . 104
Agriopyrum . . . *214*
Agropyron . . . . **522**
*Agropyrum* . 106, **522**
Agrostis . . . . . 396
Aira . . . . . 104
Albersia . . . . . 178
Alchemilla *491*, 186, 494
Alectorolophus 499, 501/2, 576, **563**
Alisma . . . 519, **516**
Alliaria . . . . . 505
Allium . . . . . 401
Alnus *217*, 112, 392, 519, **530**
Alopecurus . . *212*, 396
Alsine . . *218*, 180, 404
Alyssum . . . . . 406
Amaracus . . . . 576
Amarantus . *217*, 178, 580
Amelanchier . *489*, 187
Amygdalus . . . . 188
Anagallis . . 497, 517
Anchusa . . . . . **557**
Androsace . . . . 334
Anthericum . . . 107
Anthericus . . . . 107
Anthoxanthum . . 565
Antirrhinum . . . 518
Apium . . . . . 331
Arabidopsis . . . **589**
Arabis *220*, 184, 506, 575
Arctium . . . . *499*
Arenaria . 181, 403, 572
Aretia . . . . . 334
Armeria . . . . 334
Aronicum . . . . *499*
Artemisia 345, 503, 578
Arundo 396, 564, **520**
Asparagus *216*, 108, 562
Aspidium . . 393, 566
Asplenium . . . . 102
Aster . . . . . 343
Astragalus . 189, 513
Astrantia . . . . 331
Athamanta . . . 332
Athyrium . . 566, **515**
Bambusa . . . . **520**
Barbaræa . . . . 505
Bartsia . . . . 340
Betula . . . 111, 519
Blackstonia . . . 335
Borago . . . . . 338
Brassica . . . . **536**
Bromus . . . . *213*
Bufonia . . . . **533**
Calamagrostis *212*, **572**
Calepina . . . . *219*
Callianthemum *219*, 181
Callitriche . . . . **548**
Camelina . . . . 183
Campanula . . . *497*
Capsella . . . . 506
Cardamine . . *219*, 575
Carex *214*, 106, 392, 398 564, 569, **524, 572**
Castalia . 404, 573, **533**
Caucalis . . . . . **554**
Centaurea *499*, 345, 503, **569**
Centaurion . . . . 335
Centaurium 335, 576, **555**
Cephalanthera . *216*, 109, 392, 560, 571, **527, 576**
Cerastium 180, 402, 507
Cerinthe . . . . . 340
Chærefolium . . . **552**
Chærophyllum . . . **552**
Chamorchis . . . **525**
Cheiranthus . 505, **521**
Chelidonium . . . 505
Chenopodium *217*, 178, 402
Chlora . . . . . 335
Chondrilla . . . . 390
Cichorium . . . . 503
Cirsium . . . . . *499*
Cladium . . . . . **523**
Clypeola . . . . 184
Cnicus . . . . . **521**
Cobresia . . . . . *214*
Corallorrhiza 111, 561, **529**
Coronopus *219*, 101, 506, **495**
Corydalis 185, 392, 505, 580
Corynephorus . . . 565
Cotoneaster . . . *489*
Crepis *501*, 346, 390, 517, 579


Digitized by Google

Crocus 561, 571, 580, **573**
Cuscuta . . . . . **585**
Cyclamen . . . . 334
Cydonia . . . . . 187
Cynoglossum . *494*, **556**
Cyperus . . . . . *214*
Cypripedium . . . 108
Cystopteris . . . . **514**
Cytisus . . . 188, 580
**D**anthonia. . . . *213*
Dianthus 180, 402, **532, 576**
Dipsacus 503, 580, **568**
Doronicum . . 578, **569**
Dorycnium . . . . *491*
Douglasia . . . . 334
Draba . . . . . 184
Dracunculus . . . **525**
Drosera 185, 406, 514, 580, **541**
Dryopteris 393, 567, **514, 583**
**E**chinops . . . . 345
Elatine . . . . . **549**
Eleocharis . . 106, 398
Elodea . . . . . 104
Elyna . . . *214*, 569
Epilobium *492*, 191, 514, 575, **551, 581**
Epipactis 109, 559, **526, 574, 588**
Epipogium . . 401, 561
Equisetum . . 103, **515**
Eragrostis . . *213*, 569
Erigeron *498*, 343, 392
Eriophorum *214*, 563, **522, 572**
Erysimum . . 184, **521**
Erythræa . . *494*, 335
Euclidium . . . . 184
Euphorbia 190, 494, 575, **547**
Euphrasia . . . . 518
Evonymus 190, 512, **548**
**F**agopyrum . . . *217*
Festuca *213*, 99, 106, 390, 391, 566, 580
Filipendula . . . . *491*
Fœniculum . . *493*, 568
Fragaria . . *490*, **542**
Fumana . . . *492*, **589**
Fumaria . . . . . 505
**G**agea . . *215*, 107
Galium 502, 515, 577, **566, 586**
Gentiana 335, 497, 517, **555**
Geranium . . . . 509
Goodyera . . . . **587**
Globularia . . . 341
Gymnadenia . . . 401
**H**eleocharis . . . *214*
Heleophylax . . . **587**
Helianthemum *492*, 495, 506, **551**
Helleborine . . . **588**
Helminthia . . . 516
Helodea . . . . 104
Hesperis . . . . 506
Hieracium 390, 579, **570**
Hierochloë . . . 569
Himantoglossum . **525**
Hippophaë . . . 496
Hoplismenus . . . 104
Hordeum 106, 397, 568
Hypericum *492*, 494, 509, 580, **580**
**I**beris . . . . . 182
Inula . . . *498*, 516
Juncus *215*, 400, 563, 570, **583**
**K**entranthus . . 342
Knautia . . *497*, 515
**L**appula . . . . 338
Lactuca 390, 516, **582**
Lapsana . . . . 346
Legousia . . 343, **589**
Leontodon *500*, 387, **570**
Lepidium . . . . 506
Levisticum . . . *494*
Limonium . . . . 575
Linaria . . . *495*, 498
Loiseleuria . *494*, **582**
Loroglossum . . . **525**
Ludvigia . . 496, 514
Luzula . . . . . 571
Lycopodioides . . **586**
**M**ajanthemum . . 562
Malaxis . . . . 561
Malcomia . . . . **541**
Malva . . . 509, 580
Mariscus . . **513, 523**
Matricaria *498*, 344, 393, 516
Medicago . . 512, **546**
Melica 397, 565, 580, **521**
Melandrium *218*, 178, 390
Melilotus . . *491*, 512
Mentha . . . . . 340
Meum . . . . . 568
Mimulus . . 499, **561**
Minuartia . . 402, 572
Molopospermum . . 192
Monotropa . . . . *494*
Montia . . . 509, **531**
Muscari . . . . . 562
Myagrum . . . . **520**
Myosotis *494*, 99, 338, 390, 498, 517, **558, 585**
Myrrhis . . . 515, **552**
**N**ajas . . . . . *212*
Narcissus . . . . 108
Nasturtium . . 405, **537**
Neslia . . . . . **540**
Nigritella . . . . *216*
Nuphar . . . . . 404
Nymphæa . . 404, 505
**O**enanthe . . . . 332
Oenothera . . . . 192
Onobrychis . . 189, 567
Onoclea . . . . . 102
Ononis . . . . . 188
Onopordum . . . . 503
Ophrys . 108, 401, 520
Oplismenus . . . . 104
Ornithogalum . . . **562**
Orobanche . . . . 340
Oryza . . . . . 104
Ostrya . . . *217*, 111
Oxalis . . . 509, **578**
Oxycoccus . . . . 332
Oxytropis . . . . 189
**P**æonia *219*, 181, **533**
Panicum . . . . . **517**
Pedicularis . . 340, **564**
Peramium . . . . **587**
Petasites . . 345, **568**
Petroselinum . 331, **501**
Phleum . . . *212*, 104
Phragmites . **520, 587**
Phyllitis . . . . . 395
Phyteuma . . *497*, 342
Phytolacca . . . . **531**
Picea . . . . . **516**

Digitized by Google

Pimpinella . . . . 332
Plantago . . . . **564**
Platanthera *216*, 109, 520, 571, **525, 573**
Polygala . . . . 506
Polygonatum . . . 568
Polypodium . . . . **515**
Populus . . . . . *216*
Potamogeton *211*, 395, 519, 580, **516**
Potentilla *490*, 185, 513, **542**
Primula 99, 332, 390, 496
Prunella . . . . . 340
Prunus . . . . . 188
Pulicaria . . . . 516
Pulmonaria . . . . 338
Pyrola . . . . . 332
Pyrus . . . . . 187

Quercus . . **530, 585**

Radicula . . . . 405
Radiola . . . . . *492*
Ranunculus 182, 505, 573, **534**
Rhinanthus 499, 576, **563**
Rhynchospora . . . 563
Roripa . . . 405, **537**
Rosa . . *491*, 494, 514
Rubus . . . . . 188
Rumex . . . . . *217*
Ruta . . . . . 190

Sagina . . . . 180
Salix . . 401, 572, **529**
Salvia . . . . . **560**
Sanguisorba . . . **585**
Satureja . . 340, 519
Saussurea . . . . 345
Scabiosa . . . . 516
Schœnoplectus *214*, **587**
Schœnus . . . . 563
Scirpus . . . . . 563
Scrophularia . . . 518
Selaginella . . 566, **586**
Sedum . . . 185, 514
Sempervivum . . **541**
Senecio . *499*, 345, **569**
Serapias . *216*, 108, **588**
Serapiastrum . . . **588**
Serrafalcus . . . 566
Serratula . . . . 516
Setaria . . . . **519**
Silaus . . . *493*, **502**
Silene *218*, 506, **496, 576**
Silybum . . . . 516
Sinapis . . . . . 183
Sisymbrium *219*, 183, 506, 573, **536**
Sium . . . . . *493*
Solanum . . 498, 518
Sonchus . . 517, **570**
Soria . . . . . *220*
Sparganium . . . 395
Specularia . . 343, **589**
Spergularia . . . 508
Spiranthes . *216*, 110
Stachys . . 519, **560**
Staphylea . . . . 191
Statice 334, 519, 575, **555**
Stellaria . . 180, **533**
Stenophragma . . **589**
Stipa . . . . . 104
Swertia . . . . . 335

Taraxacum *500*, 517, 579
Teesdalia . . . . **536**
Thesium . . . *217*, **530**
Thlaspi . . . . . 183
Tilia . . . . . **547**
Torilis . . . *493*, 514
Tragopogon . . . *500*
Trichoon . . . **586/7**
Trifolium 188, 513, **577**
Trinia . . . . . 514
Trisetum . . . . *212*
Triticum . . *212*, 106
Tulipa . . . . . *215*
Tussilago . . . . 516

Ulmus *217*, 177, 519, 580

Vaccaria . . *218*, **513**
Valeriana . . . . **586**
Valerianella . . . *497*
Verbascum . . . . **561**
Veronica *495*, 518, 580, **561**
Vicia 189, 494, 513, **546**
Viola . . . . . *492*
Viscaria . . . . . *218*
Vogelia . . . . . **540**
Vulpia . . *213*, 104, 391

Willemetia . . . *500*

Digitized by Google

## 2.

# Die Carex divisa Hudson

und

# Carex distachya Desf. der Schweizer Autoren.

Dr. **A. Volkart (Zürich).**

Zu den Pflanzen, deren Vorkommen in der Schweiz nicht sicher festgestellt ist, die aber doch in der floristischen Literatur hin und wieder als Schweizerbürger aufgeführt werden, gehören auch zwei Carex-Arten aus dem südlichen Tessin: *Carex divisa* Huds. und *Carex distachya* Desf. Ihr Vorkommen in der Schweiz galt seit jeher für sehr zweifelhaft und durch die nachfolgenden Ausführungen soll nachgewiesen werden, dass sie beide aus der Liste der Schweizerpflanzen endgültig gestrichen werden können. Dass mir dieser Nachweis möglich war, danke ich in erster Linie Hrn. Prof. Hans Schinz, der mir alle nicht in Zürich vorhandene Literatur verschaffte und mir überhaupt stets mit seinem Rat zur Seite stand.

1. ***Carex divisa*** Huds. (syn. *C. Bertolonii* Schkuhr). Der erste Autor, der diese Pflanze für die Schweiz angibt, ist Schkuhr selbst. Er sagt im „Nachtrag oder die zweyte Hälfte der Riedgräser" (Wittenberg 1806, S. 5) zur Beschreibung seiner Carex Bertolonii: „Hab. Genuae in Albaro al Paradiso ante aedes Saluzzo. Et in graminosis alpinis Genuae, Carinthiae, Tyrolus, Lusitan. et Helvetiae". Und weiter: „Dieses Riedgras wächst in verschiedenen Gegenden im südlichen Europa auf den Alpen". Die gleichen Angaben finden sich dann mit nur unwesentlichen Korrekturen in seinem botanischen Handbuch (IV. S. 147, Leipzig 1808), in das er den „Nachtrag" fast unverändert hinübergenommen hat. Dazu stimmt nun aber das nicht, was wir heute über die Verbreitung der *Carex divisa* wissen. Sie ist eine Sandpflanze, die sich durchaus an die Niederungen hält und zwar einerseits an die Küstenstriche des Mittelmeeres und des atlantischen Ozeans bis Belgien, ohne weit ins Innere des Kontinentes vorzudringen, und andererseits an das Gebiet der pannonischen Flora, ohne aber westlich über Krain, Steiermark und Niederösterreich hinauszugreifen. Aus Kärnten, Tyrol und der Schweiz sind sichere Funde nie bekannt geworden. Die Angabe Schkuhrs, dass sie in diesen Ländern vorkomme, wurde nie bestätigt, und vergeblich suchte Hoppe (Siehe Dalla Torre und Sarnthein. Die Farn- und Blüten-

Digitized by Google

pflanzen von Tyrol, Vorarlberg und Lichtenstein, Innsbruck 1906 S. 311) sie aufzuklären und zu weiteren Forschungen anzuregen.

Mir scheint folgende Erklärung am nächsten zu liegen: Schkuhr gründete seine Carex *Bertolonii* ursprünglich auf die *Carex cuspidata* von Bertoloni (Rariorum Liguriae plantarum decas 1. Mem. della Soc. Med. d'emul. di Gen. II. 1803 S. 145). Bertoloni gibt dort für diese Art nur einen italienischen Standort an und auch das Synonym, das er zu ihr zitiert, die *Carex alpina, minima, caule trilatero* etc. von P. A. Micheli (Nova plantarum genera Florenz 1729 S. 68) bezieht sich auf eine Pflanze aus den apuanischen Alpen im ligurischen Apennin, die nach der dürftigen Beschreibung und Abbildung kaum mehr heimzuweisen sein wird. Parlatore (Flora Italiana II, Florenz 1852), dem die Michelischen Pflanzen in Originalien vorlagen, zitiert diese Art nirgends. Schkuhr bringt nun aber von seiner *Carex Bertolonii* zwei Abbildungen. Die eine (Nr. 208, Tab. Rrrr) ist nach einer Notiz von Bertoloni selbst (Flora Italiana Bologna 1854 X. S. 52), nach einer Pflanze entworfen, die Schkuhr von ihm erhalten hat („juxta exemplar missum a me"). Auf sie bezieht sich der erste Teil der Angaben Schkuhrs über das Vorkommen der *Carex Bertolonii:* der genuesische Standort; es ist die richtige *Carex divisa* Huds. Der zweite Teil der Standortsangaben aber, der uns besonders interessiert, betrifft die andere Abbildung (Nr. 18, Tab. D.). Schkuhr hat diese zweite Pflanze schon im ersten Teil seiner Riedgräser beschrieben, dort aber mit einer weiteren Abbildung (Nr. 18, Tab. Ii.) unter seine *Carex lobata* eingereiht.

Diese *Carex lobata* nun geht in ihren Anfängen zurück auf den „Cyperoides alpinum, tenuifolium, spica brevi ferruginea" von Johannes Scheuchzer (Agrostographia S. 493 Zürich 1719). Von diesem Cyperoides sind leider im Herbar Scheuchzer (Bot. Museum des eidg. Polytechnikums Zürich) keine Originalexemplare mehr vorhanden. Es ist aber nach der ausführlichen und guten Beschreibung Scheuchzers, der auch Schkuhr vieles entnommen hat, eine acrarrhene, homostachische Carex und zwar kann nur eine hohe, schlanke Form von *Carex foetida* All. mit dreilappiger Ähre vorliegen. *Carex microstyla* Gay, die noch in Frage kommen könnte, hat keinen kriechenden Wurzelstock und gewöhnlich auch kein deutliches Hüllblatt unterm Blütenstand. Es passt für sie auch nicht die Standortsangabe Scheuchzers: „In Alpibus Rhaeticis, speciatim in Monte Aviculae"; denn sie ist bisher nicht in Graubünden und speziell auch nicht auf dem Bernhardin gefunden worden. Allerdings bezieht sich auch die folgende Beschreibung Scheuchzers, das „Gramen alpinum, enode, spica parva, subrotunda, ferruginea", von der Originalexemplare ebenfalls

Digitized by Google

fehlen, nach allgemeiner Annahme der älteren Autoren auf *Carex foetida*. Und es kann auch gar nicht bestritten werden, dass die Beschreibung in der Agrostographie sehr gut auf die gewöhnliche, robustere Form dieser Art passt. Weniger gut allerdings stimmt die Abbildung, die Johannes Scheuchzer schon in seinem ersten Werke (Agrostographiae Helvetiae Prodromus, Zürich 1708) veröffentlicht und die auch sein Bruder Joh. Jak. Scheuchzer in seine bekannten Alpenreisen (Itinera per Helvetiae Alpinas Regiones facta III. Iter sextum, anni 1707. S. 458. Leyden 1723) aufgenommen hat. Dafür aber, dass diese, gleich wie die erst besprochene Scheuchzer'sche Art zu *Carex foetida* zu stellen ist, haben wir auch das Zeugnis Hallers, der (Historia stirpium indigenarum Helvetiae inchoata II. S. 184, Bern 1768) von dem Cyperoides alpinum, tenuifolium etc. sagt: „planta Scheuchzeri in H. S." (= herbario suo?)" manifeste eadem cum 1355". Diese Nr. 1355 Hallers aber ist die „Carex faetidus, spica fusca conglomerata", zu der er auch das Gramen alpinum enode etc. Scheuchzers stellt.

Schkuhr führt nun aber weiter zu seiner *Carex lobata* eine Haller'sche Art als Synonym an, die Nr. 1356 „Carex spica terminali tripartita", eine Art, auf die Allioni (Flora pedemontana II. S. 265. Turin 1785) offenbar seine *Carex tripartita* gegründet hat. Diese *C. tripartita* wird allgemein und angeblich auch nach Originalexemplaren (siehe Parlatore a. a. O. S. 132) für eine unbedeutende Abart von Carex curvula All. gehalten. Es kann aber gar kein Zweifel darüber bestehen, dass der Haller'schen Beschreibung keine Carex curvula zugrunde liegt. Ich möchte sie vielmehr auf *Carex lagopina* Wahlb. beziehen. Und auch Allionis Abbildung (a. a. O. III. Tab. 92, fig. 5) bezieht sich sicher auf keine *Carex curvula*. Sie hat auf den ersten Blick viel Ähnlichkeit mit *Carex bicolor* Bell., entspricht aber auch ganz gut grossen Exemplaren von *Carex lagopina*, die sehr oft einen zur Seite geneigten Blütenstand haben. Auch Balbis (Parlatore a. a. O. S. 142) soll die *Carex tripartita* All. als identisch mit *Carex lagopina* erklärt haben.

Schkuhr selbst nun lagen für die Beschreibung seiner *Carex lobata* sicher z. T. lange und schlanke Exemplare von *Carex foetida* (Tab. D. Nr. 18 c), vielleicht aber auch Exemplare von *Carex microstyla* Gay (Tab. D. Nr. 18. e) vor. Er vereinigt sie mit Unrecht in seinem Nachtrage mit der *Carex Bertolonii*. Denn die zweizähnige Mündung des Utriculus, die sie angeblich von der echten *Carex lobata* trennen soll, kommt auch bei dieser, d. h. bei *Carex foetida* vor. Zu *Carex divisa* stimmt weder die Gestalt der abgebildete Utriculi, noch überhaupt das ganze Aussehen der Pflanzen der Tafel D.

Digitized by Google

Es kann deshalb gar kein Zweifel darüber bestehen, dass die Angabe Schkuhrs, die Carex divisa komme in der Schweiz und überhaupt in den Alpen vor, irrtümlich ist und auf einer Verwechslung mit hohen, schlanken Exemplaren der Carex foetida, vielleicht auch der Carex microstyla beruht. Die weiteren Standortsangaben Schkuhrs, die ausserhalb des Verbreitungsgebietes dieser beiden Arten fallen, sind darauf zurückzuführen, dass er zu seiner *Carex lobata* weitere Arten älterer Autoren als Synonyme hinzuzieht, die nichts mit dieser Art zu tun haben, so z. B. die Carex tripartita von Haller und Allioni und andere Arten, auf die ich hier nicht näher eintreten will.

Gestützt auf die Angabe von Schkuhr zählt nun aber Gremli im Anhang zu seiner Exkursionsflora (Ed. 3. 1878 bis 7. 1893) Carex divisa unter den Arten auf, „deren Vorkommen in der Schweiz irrig oder höchst zweifelhaft ist". Er trägt so offenbar dazu bei, dass sie nicht in Vergessenheit gerät. Im Verzeichnis der Phanerogamen der insubrischen Schweiz von A. Franzoni (Neue Denkschriften der Schweiz. Naturforscher-Ges. 1888 S. 230) wird nun eine *Carex Bertolonii* Schl. (offenbar Druck- oder Schreibfehler für Schkr.; eine von Schleicher aufgestellte *Carex Bertolonii* ist nicht bekannt) aufgeführt: „M. Cenere, presso la Caserma". Endlich führt neuerdings auch P. Chenevard in seinen Remarques générales sur la flore du Tessin (Boll. della Soc. Ticin. di Sc. Nat. 3. 1906 S. 26) unter den Pflanzen, die im Tessin vorkommen, im Wallis dagegen fehlen, *Carex divisa* Huds. auf. Standort und Finder werden nicht genannt. Es gelang aber Prof. Schinz zu ermitteln, dass dieser Angabe zwei Exsikkate aus dem Herbarium Franzoni zugrunde liegen. Beide sind bezeichnet als *Carex Bertolonii* Savi, das eine stammt vom Cenere, das andere vom Generoso. Die Etikette zum ersten schrieb Franzoni, die zum zweiten wahrscheinlich Mari. Bei der Carex vom Cenere, die wohl der Angabe im Verzeichnis von Franzoni entspricht, liegt eine Notiz von der Hand Kneukers: „Vielleicht Carex Bertolonii Schkuhr = divisa Huds.?" Auf diese Notiz baut sich die Angabe von Chenevard auf.

Es gelang mir nicht, sicher zu ermitteln, was die *Carex Bertolonii* Savi ist, und wo sie publiziert wurde. Das Zitat von Ascherson & Gräbner (Synopsis II. 2. S. 117) ist unrichtig. In der Florula gorgonica (Giorn. Bot. Ital. Art. I. fasc. 5. 1844 S. 243) beschreibt P. Savi keine Carex Bertolonii. Ebensowenig aber ist nach freundlicher Auskunft von W. Botting-Hemsley in Kew in seinen übrigen Schriften eine Diagnose von ihr enthalten. Ich entnehme nur einer Abhandlung von G. Kückenthal (Österr. Bot. Zeitschr. 46. 1896 S. 205), dass darunter eine *Carex pilulifera* mit langgezogenen und

Digitized by Google

zugespitzten Deckschuppen zu verstehen sei. Dazu stimmen nun allerdings die beiden Tessinerpflanzen, wie wir später sehen werden, vorzüglich. Dagegen ist die Bezeichnung als *C. Bertolonii* Schkuhr (*C. divisa* Huds.) durchaus unrichtig. Diese, eine homostachische Art, besitzt einen kriechenden Wurzelstock, der sich sympodial aus kürzeren oder längeren wagrechten Gliedern aufbaut, so dass die Triebe ähnlich wie bei *Carex disticha* und vielen Juncusarten reihenweise in kurzen Abständen hintereinander stehen. Sie durchbrechen ihr Stützblatt, sind also extravaginal und daher stets deutlich voneinander gesondert. Die beiden Tessinerpflanzen besitzen dagegen einen dichten, horstförmigen Wurzelstock. Die jungen Triebe entwickeln sich intravaginal; sie sind von den Scheiden der älteren Blätter eingehüllt. Die Blütenstände konnten nicht genauer untersucht werden, da beide Exemplare von einem Brandpilz befallen waren, der die Reproduktionsorgane in ihrer Entwicklung gehemmt und zerstört hatte. Doch liess sich feststellen, dass eine heterostachische, keine homostachische Art vorlag.

Der Pilz war leicht als *Thecaphora aterrima* Tul. zu bestimmen. L. R. & Ch. Tulasne (Ann. sc. nat. 3. sér. Bot. 7. 1847 S. 12) geben als Nährpflanzen *Carex praecox* Jacq. (*C. caryophyllea* Latour.) und *C. gynomane* Bert. (*C. distachya* Desf.) an. In der Sylloge fungorum (Vol. XIII. S. 240 Berlin 1898) werden als weitere Nährpflanzen *Carex adusta* Boot, *alpestris* All. (*C. Halleriana* Asso), *C. curvula* All., *C. Michelii* Host und *C. pilosa* Scop. genannt. Und es sind auch eine Reihe weiterer, nahe verwandter Pilzarten beschrieben worden (*Sorosporium atrum* Peck auf *Carex pennsylvanica* Lam., *S. Caricis* Ferraris auf *Carex caryophyllea* Latour. und *Thecaphora oligospora* Cocconi auf *Carex digitata* L.), die sich alle nach den Beschreibungen, wie sie die Sylloge fungorum (VII. S. 513, XI. S. 237 und XVII. S. 484) wiedergibt von *Thecaphora aterrima* nicht unterscheiden lassen. Die Einreihung unter *Sorosporium* ist wohl kaum richtig, jedenfalls nicht für das S. atrum Peck. („Sporae aegre secedentes." Syll. fung. a. a. O.). Sie ist auch schon von G. P. Clinton (Journ. of Mycology 8. 1902 S. 128) als identisch mit *Thecaphora aterrima* erklärt worden. Ob diese aber nicht besser zu *Tolyposporium* zu stellen sein wird, wird sich erst entscheiden lassen, wenn einmal die Art der Sporenkeimung beobachtet worden ist.

Merkwürdigerweise fehlt unter den bisher aufgezählten Nährpflanzen gerade diejenige Art, auf der dieser Brandpilz zweifellos bei uns am häufigsten vorkommt: die *Carex pilulifera* L. Er ist auf dieser Art ausgegeben worden in Vestergren, Micromycetes rariores selecti (Nr. 880 von Viborg, Jütland leg. J. Lind. 1904). Ich fand

Digitized by Google

ihn ferner auf einem Exemplar dieser Art, das Favrat auf dem Zugerberg gesammelt hat (Herb. Helv. des eidg. Polytechnikums). Auch die beiden Carices aus dem Tessin gehören, wie nun nachzuweisen sein wird, zu dieser Art.

Ich hielt sie zuerst für *Carex Halleriana* Asso, da bei beiden Exsiccaten die meisten Halme ähnlich wie bei dieser Art grundständige Ähren, richtigere ganze, unterdrückte Infloreszenzen trugen. Ein Exemplar trug aber einen kümmerlich entwickelten Fruchthalm mit Schläuchen, die am besten denen der *Carex pilulifera* entsprachen, jedenfalls viel kleiner waren als diejenigen von Carex Halleriana. Ich untersuchte nun, um die Art sicher bestimmen zu können, die Anatomie der Blätter. Dabei leistete mir die Arbeit von H. Spinner (L'anatomie foliaire des Carex Suisses Diss. Zürich 1903) sehr gute Dienste. Ich fand bei der Nachprüfung an einer grösseren Anzahl Exemplare von verschiedenen Standorten namentlich folgende Merkmale geeignet, um die beiden Arten (*C. Halleriana* und *C. pilulifera*) von einander zu unterscheiden. Ein Teil der Gefässbündel verbindet sich im Blatte in der bekannten Weise mit subepidermalen Bastbündeln zu I-förmigen Trägern. Während nun bei C. Halleriana alle Gefässbündel mit einziger Ausnahme der beiden randständigen solche Bastbelege tragen, kommen bei *C. pilulifera* stets zwischen den durchgehenden Trägern kleine Gefässbündel ohne Bastbelege vor. Ferner besitzt *C. pilulifera* acht und mehr, *C. Halleriana* dagegen stets nur sechs bis acht Gelenkzellen, d. h. blasenförmig erweiterte und vergrösserte Epidermiszellen über der Blattmittelrippe. Und endlich sind die Gefässbündel im Querschnitt bei der ersten kurz-, bei der zweiten langelliptisch. Die übrigen aus der Arbeit von Spinner sich ergebenden unterscheidenden Merkmale fand ich für eine sichere Trennung nicht immer genügend scharf ausgebildet. Die beiden Exsikkate aus dem Herbarium Franzoni nun erwiesen sich nach dem anatomischen Bau der Blätter als sicher zu *C. pilulifera* gehörend. Eine andere verwandte Art konnte nicht vorliegen. Bei *C. caryophyllea* und *ericetorum* ziehen, wie ich Spinner bestätigen kann, die Luftlücken im Mesophyll oft unter den kleinen Gefässbündeln durch, so namentlich jederseits des Mittelnervs. Das war hier nicht der Fall. Die Gelenkzellen waren — auf ungefähr $^2/_3$ der Blattlänge untersucht — stets höher als die übrigen Epidermiszellen und von diesen deutlich abgesetzt; Ausläufer fehlten beiden Exemplaren vollständig und die unterste Ähre war stets ungestielt. *Carex caryophyllea* und *ericetorum* konnten deshalb nicht in Frage kommen, ebensowenig aber auch nach der Form des Querschnittes des Blattes, der Anordnung der Gewebe und nach

Digitized by Google

anderen Merkmalen irgend eine andere unserer Carexarten. Zu guter Letzt fand ich dann noch im Herbarium Helveticum der Universität Zürich ein als *Carex Bertolonii* Savi bezeichnetes Exsiccat, das angeblich aus dem Herbar von Em. Thomas stammen soll und das einen von der *Thecaphora* befallenen und einen gesunden Halm trug, der unzweifelhaft zu *Carex pilulifera* gehörte. Es konnte somit kein Zweifel mehr bestehen, dass die beiden Tessinerpflanzen aus Exemplaren der *Carex pilulifera* bestanden, die von der *Thecaphora aterrima* deformiert worden waren und damit stimmt auch sehr gut das weitverbreitete Vorkommen dieser Carex im Tessin überein. Sie ist sowohl auf dem Cenere als auch auf dem Generoso schon mehrfach gefunden worden und es scheinen ihr auch anderwärts im Tessin die aus kalkarmen Gesteinen entstehenden Verwitterungsböden gut zuzusagen.

*Carex divisa* Huds. kann also aus der Liste der Schweizerpflanzen ganz gestrichen werden und es ist auch nicht anzunehmen, dass sie je bei uns gefunden werden wird.

2. ***Carex distachya*** Desf. (syn. C. Linkii Schkuhr, *C. gynomane* Bert.). In seiner Topographia botanica (Flora Helvetica VII. S. 186 Zürich 1833) erwähnt Gaudin eine Segge vom Monte Generoso, die von manchen für Carex Linkii Schkuhr gehalten werde: „Ex itinere Insubrico, per annum 1829 instituto, cl. Emm. Thomas inter istius pulcherrimi montis plantas, Caricem quandam dubiam (a nonnulis pro C. Linkii Schk. s. C. tuberosa Degl. habitam), nec, ut putamus, usquam in Helvetia visam retulit. Ad androgynarum sectionem absque dubio pertinet; *sed planta ustilagine corrupta est* nec satis provecta, ut rite determinari queat ..... Hancce plantam viatoribus, scientiae amicis enixe commendamus".

In Gaudins Synopsis Florae Helveticae (Editio Monnard 1836) wird diese Segge nicht wieder erwähnt, wohl aber von Oswald Heer in Hegetschweilers Flora der Schweiz (S. 932 Zürich 1840): „Die von Gaudin erwähnte Segge vom Monte Generoso haben wir ebenfalls von Thomas als C. Linkii erhalten; auch bei unsern Exemplaren waren aber durch einen Uredo die Früchte so zerfressen, dass die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale dadurch verloren gingen; jedoch kann mit Bestimmtheit gesagt werden, dass jene Segge nicht die C. Linkii sei, da die Bälge anders geformt und die Ähren anders gestaltet sind".

Und nun schleppt sich auch diese Art durch die floristische Literatur weiter. Gremli führt die *C. Linkii* in seinem früher zitierten Verzeichnis zweifelhafter Schweizerpflanzen auf und sie erscheint auch in anderen Floren und Pflanzenverzeichnissen, so in

Digitized by Google

J. C. Ducommuns Taschenbuch für den Schweizer Botaniker (Solothurn 1869 S. 796) und im Verzeichnis von Franzoni (Lugano al piè del S. Salvatore, Mari).

Die Exemplare, die Heer vorlagen, werden im Herbarium Helveticum des eidgenössischen Polytechnikums in Zürich aufbewahrt. Ausser der Originaletiquette von Thomas und einer Notiz von Oswald Heer liegt ihnen ein Vermerk von Böckeler bei: „Ist mir unzweifelhaft eine noch wenig entwickelte *Carex obesa* All. (*C. nitida* Host) mit langgespitzten Deckschuppen". Im gleichen Herbar liegen zwei weitere Nummern der gleichen Carex aus dem Herbar W. Vogel unter der Bezeichnung *Carex gynomane* Bert., ebenfalls vom Monte Generoso. Auch diese beiden Pflanzen sind, wie die Thomas'sche, von der *Thecaphora aterrima* befallen.

Was zunächst die Deutung als *Carex distachya* Desf. anbetrifft, so kann man Oswald Heer nur beistimmen; mit ihr hat die Pflanze vom Generoso durchaus nichts zu tun. Ebensowenig aber auch mit *C. nitida* Host. Es fehlen ihr die im Querschnitt langelliptischen Gefässbündel der Blätter mit dem mächtig entwickelten Siebteil und die niedrigen, auf der Aussenwand zierlich gefältelten Gelenkzellen dieser Art. Keine der Pflanzen vom Generoso zeigt auch nur eine Andeutung eines Ausläufers. Zudem ist *Carex nitida* im südlichen Tessin ein seltener, erst neuerdings entdeckter Bürger. Nach dem anatomischen Aufbau der Blätter und allen andern Merkmalen kann vielmehr kein Zweifel darüber bestehen, dass auch hier von der Thecaphora deformierte Exemplare der *Carex pilulifera* vorliegen. Dass der hier nicht aufgeklärte Mari'sche Fund eine echte *Carex distachya* sei, ist nicht anzunehmen. Der Tessin liegt weit ausserhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes dieser ausgesprochen mediterranen Pflanze.

* * *

Es mag hier noch erwähnt werden, dass die durch die *Thecaphora* bedingten Veränderungen der Ähren schon früher zu irrigen Bestimmungen geführt haben. Im Jahre 1815 beschreibt P. A. De Candolle in seiner Flore française (VI. S. 293) eine Carex Bastardiana. Aber schon 1855 bemerken Grenier & Godron (Flore de France III. S. 414) bei *Carex pilulifera:* „On rencontre quelquefois des individus de cette espèce dont les épis sont déformés par un Uredo et ressemblent à ceux d'un Vignea; cette forme est le C. bastardiana D. C. fl. fr. 6, p. 293". *Uredo* ist hier wie bei Heer im alten Sinne zu nehmen. Früher wurden unter *Uredo* nicht bloss *Uredineen,* sondern auch



Digitized by Google

*Ustilagineen* und selbst *Peronosporeen* (*Albugo*) vereinigt. Es handelt sich auch bei dieser *Uredo* zweifellos wieder um *Thecaphora aterrima* Tul., nicht um *Ustilago Caricis,* wie Ascherson & Gräbner (Synopsis II. 2. S. 115) angeben. *Ustilago* (Cintractia) *Caricis* Pers. befällt stets nur einzelne Blüten und bedingt nie Deformationen.

*Thecaphora* hat dagegen stets Missbildungen im Gefolge. Ihr Mycel dauert offenbar – wie bei so vielen andern Ustilagineen – im Wurzelstock aus und wächst alljährlich in die noch nicht gestreckten Stengel und jungen Inflorescenzen hinein. Es übt dabei einen hemmenden Einfluss auf das Längenwachstum des Stengels aus. Ihre Länge beträgt ausgewachsen (an 18 Pflanzen gemessen) 5 bis 16, meist 10 cm, während sie an 30 gesunden Pflanzen 4 bis 27, meist 12 cm massen. In Verbindung damit steht die Entstehung kümmerlich entwickelter Sekundärinflorescenzen, die basigynen Ähren sehr ähnlich sind. Eine Schädigung oder Hemmung des Wachstums des Haupttriebes ruft stets die Entwicklung schlafender Knospen an seinem Grunde hervor (stärkere Bestockung tilletiakranken Weizens!). Weitaus die auffälligste Veränderung aber betrifft die Bälge, die Tragblätter der ♂- und ♀-Blüten. Sie sind grösser und länger zugespitzt. Der Nährstoffstrom, der sonst zur Bildung der Fortpflanzungsorgane verbraucht wird, ergiesst sich infolge ihrer durch den Pilz bewirkten Verkümmerung zum Teil in die Tragblätter und bewirkt hier übermässiges Wachstum, „Riesenwuchs" im Sinne von E. Küster (Pathologische Pflanzenanatomie S. 138 Jena 1903). Die Inflorescenz wird dadurch derjenigen einer gesunden *Carex pilulifera* sehr unähnlich und durch die Verkümmerung der Schläuche bekommt sie in der Tat den Anschein einer homostachischen Art.

Vom Pilze selbst ist äusserlich wenig zu beobachten. Es ist nur zwischen den Bälgen spärlicher schwarzer Brandstaub: die Sporenballen der Thecaphora, zu bemerken. Diese entwickeln sich in den Geschlechtsorganen der Blüten im Androeceum wie im Gynaeceum. Vor allem wird allerdings, wie schon die Brüder Tulasne angeben, die ♂-Ähre befallen. Die ♀-Ähren zeigen oft den Brandpilz nicht, haben aber dann doch stets verkümmerte Schläuche. Manchmal abortieren unter dem Einfluss des Pilzes die Filamente fast vollständig, so dass das Staubgefäss nur aus einer ungestielten Anthere zu bestehen scheint („stamina abortiva et ad antheram linearem, sessilem, abbreviatam et deformem quasi redacta." Tulasne l. c.). Ebenso oft sind aber die Filamente noch erhalten; dann aber traf ich sie oft alle drei oder doch zwei verwachsen. Einmal fand ich in einer ♂-Blüte neben einem verkümmertem Stamen zwei Schläuche, der eine mit ein-, der andere mit zweinarbigem Griffel

Digitized by Google

Die Sporen werden vorwiegend in den Antheren, doch auch zum Teil in den Filamenten gebildet. Die ♀-Ähren tragen, wie gesagt, meist gesunde, aber stets verkümmerte Schläuche. Manchmal jedoch entwickelt der Pilz seine Sporenballen in den äusseren Gewebeschichten des Utriculus, oder der Utriculus bleibt gesund und nur das Achäenium ist befallen. Deformationen der ♀-Sexualorgane beobachtete ich keine. Diejenigen der Bälge kehren in ganz gleicher Form bei der *Carex Michelii* Host wieder, wenn sie von der *Thecaphora* befallen ist. (Flora Exs. Austro-Hungarica Nr. 3561!).

---

## 3.

## Fumana ericoides (Cavan.) Pau in der Schweiz.

**Hans Schinz** (Zürich).

Der von Herrn Dr. Erwin Janchen-Wien geführte Nachweis des Vorkommens dieser mediterranen Helianthemum-Art in der Schweiz ist pflanzengeographisch so interessant, dass es sich wohl lohnt, etwas ausführlicher auf die Unterschiede derselben gegenüber der bekannten *Fumana vulgaris* und auf die Vorkommnisse bei uns aufmerksam zu machen, als dies in der demnächst erscheinenden dritten Auflage der Flora der Schweiz von Schinz und Keller aus naheliegenden Gründen geschehen konnte.

Die beiden, einander oft so täuschend ähnlichen Arten mit wenigen Worten zu charakterisieren, ist einfach nicht möglich. Janchen diagnostiziert sie in einer jüngst erschienenen Schrift „*Die Cistaceen Österreich-Ungarns* (1909), pag. 99, folgendermassen:

***F. ericoides:*** Wuchs aufrecht oder aufsteigend. Blätter kurz und steif, gegen die Spitze des Stengels an Grösse allmählich abnehmend. Blütenstiele etwa doppelt so lang wie die nächststehenden Blätter. Äussere Kelchblätter meist etwas kürzer als die halbe Länge der inneren Kelchblätter. Stengel mit sehr kurzen, abstehenden Drüsenhaaren bekleidet, unter der Lupe drüsigrauh erscheinend. Blütenstiele dicht drüsig kurzhaarig.

***F. vulgaris:*** Wuchs niederliegend. Blätter länger und weicher als bei F. ericoides, meist etwas gebogen, gegen die Spitze des Stengels an Grösse kaum abnehmend. Blütenstiele ungefähr von

Digitized by Google

der Länge der nächststehenden Blätter oder etwas kürzer. Aussere Kelchblätter meist etwas länger als die halbe Länge der inneren Kelchblätter. Stengel mit anliegenden Drüsenhaaren bekleidet, unter der Lupe anliegend grauflaumig erscheinend. Blütenstiele zerstreut drüsig oder fast kahl.

Dazu ist hinzuzufügen, dass kleine Exemplare beider Arten durch den Wuchs nicht zu unterscheiden sind. Das Verhältnis von Blütenstiel und Blattlänge ist bei den unteren und bei den oberen Blüten natürlich sehr verschieden. Das allmähliche Anwachsen und wieder Kleinerwerden der Blätter bei *Fumana ericoides* muss man gesehen haben, um es stets richtig diagnostisch verwerten zu können. Das wichtigste Merkmal, dass die *F. vulgaris* einen Haartypus besitzt, der der *F. ericoides* ganz fremd ist, lässt sich gewöhnlich nur mit der Luppe, bei schwach behaarten Individuen nur mit dem Mikroskop erkennen; dabei ist noch zu beachten, dass *F. vulgaris* neben den anliegenden Gliederhaaren (Drüsenhaare mit reduzierten Köpfchen) auch abstehende Drüsenhaare besitzen kann.

Schweizerstandorte der **Fumana ericoides**:

**Wallis**: Granges-Lens; Siders.

**Tessin**: am Salvatore bei Lugano; längs der Strasse von Lugano nach Melide; an Felsen zwischen Castagnola und Gandria; Gandria.

**Bern**: am Thunersee bei Sandlauenen; Heimwehfluh; Meiringen, an Kalkfelsen hinter der Kirche.

**Uri**: Axenfluh; Axenberg; Ölberg nördlich von Sisikon.

Als **Grenzstandort** sei der Salève erwähnt.

Die Verbreitung von **F. vulgaris** ist, kurz zusammengefasst, hinsichtlich der Schweiz, folgende: Genfersee, Wallis (Rhonetal und südliche Seitentäler), Jura von Orbe bis Biel, Tessin (Salvatore), Freiburg (?), Zürich (Trüllikon), St. Gallen (Wartau), Graubünden.

Digitized by Google

# Notizen zur schweizerischen Kulturgeschichte.

Von

FERDINAND RUDIO und CARL SCHRÖTER.

## 24. Der Plan einer Gesamtausgabe von Eulers Werken (Fortsetzung[1]).

Die Vorarbeiten zu dem grossen Unternehmen haben im abgelaufenen Jahre 1908 erfreuliche Fortschritte gemacht. Was noch vor wenigen Jahren fast undurchführbar erschien, erweist sich, je genauer und gründlicher die Frage studiert wird, immer leichter und leichter erreichbar.

Mit aufrichtiger Befriedigung dürfen die Freunde des Unternehmens vor allem auf die begeisterte Zustimmung blicken, mit der das Projekt von der ganzen wissenschaftlichen Welt aufgenommen worden ist. Das bezeugen zur Genüge die Kundgebungen des Internationalen Mathematiker-Kongresses in Rom, die Verhandlungen der Internationalen Assoziation der Akademien in Wien und ganz besonders die in Köln gefassten Beschlüsse der Deutschen Mathematiker-Vereinigung. Wir können den Leser in bezug auf alle diese Kundgebungen auf den nachfolgenden Aufruf verweisen, der die nötigen Orientierungen enthält.

Und nun kommt aus Paris eine Kunde, die alle Freunde des Unternehmens mit hoher Freude erfüllen wird: In Würdigung der grossen Bedeutung, die die geplante Euler-Ausgabe für die Wissenschaft besitzt, hat die Pariser Akademie von sich aus beschlossen, jetzt schon 40 Exemplare zu subskribieren. Das bedeutet nicht nur eine hochwillkommene Subskription im Gesamtwerte von rund 40,000 Fr., das bedeutet in Wahrheit noch viel mehr. Denn jetzt dürfte auch dem letzten Zweifler klar werden, welches Gewicht die wissenschaftliche Welt dem Unternehmen beilegt, und welch ehrenvolles Vertrauen sie zugleich der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft entgegenbringt. — Wir lassen nun den eben erwähnten Aufruf im Wortlaut folgen.

[1]) Siehe die Notiz Nr. 22 im letzten Jahrgange, S. 542—546.

Digitized by Google

# Aufruf

zur

## Zeichnung von freiwilligen Beiträgen

für die von der

## Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Aussicht genommene Herausgabe der Werke Leonhard Eulers.

Mehr als 60 Jahre sind verflossen, seit der grosse Mathematiker Jacobi jenen denkwürdigen Briefwechsel mit P. H. von Fuss über die Herausgabe der Werke Leonhard Eulers unterhalten hat, dessen Veröffentlichung wir jetzt den Herren Paul Stäckel und Wilhelm Ahrens verdanken. Jacobi hat in diesen Briefen nicht nur mit grösster Eindringlichkeit und Begeisterung auf die Wichtigkeit eines solchen Unternehmens hingewiesen — heisst es doch gleich im ersten Briefe: „Es wäre wohl eine grosse Wohltat, welche die Petersburger Akademie der mathematischen Welt erwiese, und ein Russland ehrendes und seiner Grösse angemessenes Unternehmen, wenn sie die Abhandlungen Eulers nach ihren Gegenständen geordnet herausgäbe“ — er hat auch die Mühe nicht gescheut, in wochenlanger Arbeit selber eine Orientierung über die zweckmässigste Anordnung des ungeheuren Stoffes auszuarbeiten. „Wenn ein Jacobi, an dessen Zeit, wie Fuss einmal schreibt, die Wissenschaft höhere Ansprüche hatte, sich der Eulerschen Werke mit soviel Hingabe, mit soviel Opfern an Zeit und Kraft angenommen hat, so sollten jetzt alle, die es angeht, darin eine Aufforderung sehen, mitzuwirken, dass endlich eine Schuld getilgt werde, die schon längst hätte getilgt sein sollen!“

Der von den Mathematikern seit Jahrzehnten gehegte Traum soll in Erfüllung gehen! Unter dem Eindruck der Bewegung, die sich bei der Feier des 200jährigen Geburtstages Eulers der ganzen mathematischen Welt bemächtigte, unter dem Eindruck namentlich der erhebenden Geburtstagsfeier in Basel, hat die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft in ihrer Freiburger Jahresversammlung vom 29. Juli 1907 eine Eulerkommission niedergesetzt mit dem Auftrage, die Mittel und Wege zu studieren, die zu einer Gesamtausgabe der Werke Eulers erforderlich sind.

Dieser Beschluss hat überall freudigen Widerhall gefunden. Auf Anregung des Vorsitzenden der Schweizerischen Eulerkommission beschloss sofort die Deutsche Mathematiker-Vereinigung, auch ihrerseits eine Eulerkommission einzusetzen zur tatkräftigen Unterstützung des grossen Unternehmens. Und auf Veranlassung der Deutschen Mathematiker-Vereinigung fasste dann der Internationale

Digitized by Google

Mathematiker-Kongress in Rom, April 1908, einstimmig folgende Resolution:

„Der vierte Internationale Mathematiker-Kongress in Rom betrachtet eine Gesamtausgabe der Werke Eulers als ein Unternehmen, das für die reine und angewandte Mathematik von der grössten Bedeutung ist. Der Kongress begrüsst mit Dank die Initiative, welche die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft in dieser Angelegenheit ergriffen hat, und spricht den Wunsch aus, dass das grosse Unternehmen von dieser Gesellschaft in Gemeinschaft mit den Mathematikern der anderen Nationen ausgeführt werde. Der Kongress bittet die Internationale Assoziation der Akademien und insbesondere die Akademien zu Berlin und Petersburg, deren glorreiches Mitglied Euler gewesen ist, das genannte Unternehmen zu unterstützen."

Unmittelbar nach Annahme dieser Resolution gab der Vertreter der Pariser Akademie, Herr G. Darboux, die Erklärung ab, dass die Internationale Assoziation der Akademien sich vergangenes Jahr in Wien mit der Eulerfrage beschäftigt habe, und dass sie ihr überaus sympathisch gegenüberstehe. Aus der Korrespondenz, die inzwischen der Vorsitzende der Schweizerischen Eulerkommission mit Herrn Darboux und mit Herrn Lindemann, der in Wien die Eulerfrage angeregt hatte, geführt hat, darf die Hoffnung abgeleitet werden, dass die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft von der Assoziation die vom römischen Kongresse gewünschte Unterstützung finden werde.

In ihrer Jahresversammlung vom 30. August 1908 hat nun die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft den folgenden Antrag ihres Zentralkomitees zum Beschluss erhoben:

§ 1. Die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft erklärt sich bereit, eine Gesamtausgabe der Werke Leonhard Eulers ins Leben zu rufen, unter der Voraussetzung, dass dieses Unternehmen durch die hohen eidgenössischen und kantonalen Behörden sowie durch in- und ausländische gelehrte Körperschaften und Freunde der Wissenschaft ausreichend unterstützt werde, und dass die zur Durchführung erforderlichen wissenschaftlichen Kräfte ihre Mitwirkung zur Verfügung stellen.

§ 2. Die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft beauftragt die Eulerkommission in Verbindung mit dem Zentralkomitee mit der Durchführung der Vorarbeiten.

§ 3. Nach Beendigung der Vorarbeiten ist ein abermaliger Beschluss der Gesellschaft notwendig, um die Herausgabe in Angriff nehmen zu können.

Digitized by Google

Zu § 2 waren, als Wegleitung, noch einige Postulate aufgestellt worden, deren letztes die „Sammlung eines Fonds aus privaten Beiträgen und von Subskriptionen für den Fall der Herausgabe der Eulerschen Werke“ fordert.

Der Anfang zu einem solchen Fonds ist bereits gemacht worden. Schon vor Jahresfrist hat ein hochherziger Freund der Wissenschaft in Zürich der Eulerkommission 12,000 Fr. zur Verfügung gestellt. Der Verein Schweizerischer Maschinenindustrieller hat weitere 2000 Fr. votiert. Die Deutsche Mathematiker-Vereinigung endlich hat in ihrer diesjährigen Jahresversammlung zu Köln beschlossen, der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 5000 Fr. für die Eulerausgabe zu überweisen. Dieser letztere Beitrag gewinnt eine besondere Bedeutung durch die Tatsache, dass die Deutsche Mathematiker-Vereinigung damit den dritten Teil ihres ganzen disponiblen Vermögens dem genannten Zwecke opfert. Der vom Vorstand einmütig gestellte und vom Vorsitzenden, Geheimrat Prof. Dr. Felix Klein, mit warmen Worten empfohlene Antrag wurde von der Kölner Versammlung in geradezu feierlich gehobener Stimmung ohne Diskussion und einstimmig angenommen. Besondere Beachtung verdient auch die Motivierung des Beschlusses: „In Anbetracht der grossen Bedeutung, die Eulers nie veraltende Werke für den gesamten Umfang der mathematischen Wissenschaft besitzen, erklärt sich die Deutsche Mathematiker-Vereinigung bereit, die von der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft inaugurierte Herausgabe der Werke Eulers wirksam zu unterstützen, und stellt aus ihrem Vermögen der genannten Gesellschaft als Beitrag zu den Kosten die Summe von 5000 Fr. zur Verfügung.“

Die Gesamtkosten der geplanten Eulerausgabe sind auf Grund sorgfältiger Berechnungen und Verhandlungen mit kompetenten Firmen auf 400,000 Fr. veranschlagt worden, denen, bei freilich sehr bescheidenen Ansätzen, mindestens 100,000 Fr. Einnahmen durch den Verkauf gegenüberstehen würden. Wenn wir auch guten Grund haben, anzunehmen, dass die eidgenössischen und kantonalen Behörden unser Unternehmen wirksam unterstützen, und dass zahlreiche gelehrte Gesellschaften des Auslandes gerne finanzielle Beihilfe gewähren werden, so wird doch ein sehr ansehnlicher Teil der nötigen Summe durch freiwillige Beiträge in der Schweiz selbst gedeckt werden müssen. Ja, es wird sogar die Möglichkeit der geplanten Herausgabe wesentlich von der Höhe der in unserem Vaterlande gebrachten privaten Opfer abhängig sein, denn nur dann, wenn auf dem Heimatboden des grossen Mathematikers eine tatkräftige Begeisterung sich kundgibt, werden wir es mit gutem Gewissen

Digitized by Google

wagen können, so, wie es geplant ist, auch die Hilfe des Auslandes in Anspruch zu nehmen.

Leonhard Euler war unbestritten der grösste Mathematiker, der je aus der Schweiz hervorgegangen ist. Seine Werke in einer allgemein zugänglichen Gesamtausgabe herauszugeben, ist eine Ehrenpflicht, der sich unser Land nicht länger entziehen darf. Die Blicke der ganzen mathematischen Welt sind heute nach der Schweiz gerichtet!

Wo es die Ehre der Wissenschaft gilt, hat schweizerischer Opfersinn noch nie versagt. Und so wenden wir uns denn zunächst an die schweizerischen Vertreter der reinen und der angewandten Mathematik mit der Bitte um Unterstützung. Unser Appell richtet sich aber ganz besonders auch an die mathematischen und technischen Gesellschaften, von denen wir hoffen, dass sie dem Beispiel der Deutschen Mathematiker-Vereinigung und des Vereins Schweizerischer Maschinenindustrieller folgen werden. Zu den technischen Gesellschaften glauben wir auch die Versicherungsgesellschaften rechnen zu dürfen. Ist es doch hinreichend bekannt, welche fundamentale Bedeutung die Schriften Eulers für die gesamte Versicherungstechnik besitzen. Und wir bitten des weiteren auch die grossen industriellen Unternehmungen unseres Landes, die sich auf den mathematisch-technischen Wissenschaften aufbauen, zum Gelingen des grossen Werkes beitragen zu wollen; handelt es sich doch um die Herausgabe der Werke eines Mannes, der nicht nur auf dem Gebiete der reinen Mathematik, sondern auch ihrer vielgestaltigen technischen Anwendungen zu den grössten aller Zeiten zu zählen ist! Endlich aber legen wir allen vaterländisch gesinnten Freunden der Wissenschaft überhaupt die dringende Bitte ans Herz, einem Werke ihre tätige Beihilfe nicht zu versagen, das einen neuen glänzenden Ruhmestitel der schweizerischen Wissenschaft bilden wird.

Basel und Zürich, Dezember 1908.

Im Namen des Zentralkomitees
der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft:
Der Präsident: Dr. Fritz Sarasin.

Im Namen der Eulerkommission
der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft:
Der Präsident: Prof. Dr. Ferdinand Rudio.

---

Digitized by Google

Der vorstehende Aufruf wird in der Schweiz in der Weise vertrieben, dass in allen Kantonen, in denen sich naturforschende Gesellschaften befinden, Sammelkomitees gebildet worden sind, die sich unter dem Patronate dieser Gesellschaften der Sammlung annehmen. Möge der Erfolg nicht ausbleiben! Denn es muss immer wieder darauf hingewiesen werden, dass das grosse nationale Unternehmen, eines der grössten, die je aus der Schweiz hervorgegangen sind, nur dann als gesichert betrachtet werden darf, wenn es von der Sympathie des ganzen Schweizervolkes getragen wird.

---

Es sei hier noch mit besonderer Anerkennung einer Arbeit gedacht, die für die geplante Herausgabe der Werke Eulers eine unentbehrliche Grundlage bilden wird und die wir der Initiative der Deutschen Mathematiker-Vereinigung verdanken. Wir lesen darüber in dem „Bericht der [deutschen] Eulerkommission an den Vorstand der Deutschen Mathematiker-Vereinigung" folgendes:

Einen wichtigen Teil der Vorarbeiten bildet die Aufstellung eines genauen Verzeichnisses der Eulerschen Schriften, aus dem vor allem die chronologischen Daten und der Umfang der Veröffentlichungen ersichtlich werden; auch muss festgestellt werden, in welches Gebiet oder in welche Gebiete die einzelnen Abhandlungen gehören, was aus dem Titel allein in vielen Fällen nicht zu erkennen ist. Die Verzeichnisse von Fuss und Hagen genügen diesen Anforderungen nicht, und die Kommission hat es daher mit Freude begrüsst, dass Eneström sich bereit erklärte, einen solchen Index auszuarbeiten.

Nach dem Plane Eneströms soll der Index aus drei Abteilungen bestehen. Die Hauptabteilung ist chronologisch nach den Druckjahren geordnet und bringt vollständige bibliographische Angaben. In der folgenden Abteilung erscheinen die Schriften in der Reihenfolge, in der sie verfasst worden sind; die Titel werden hier, unter Verweisung auf die Hauptabteilung in abgekürzter Form gegeben. Die dritte Abteilung, bei welcher für die Titel dasselbe gilt, ist systematisch nach dem Inhalt geordnet. Den Schluss bildet ein Sachregister, etwa wie das Sachregister eines Bandes der dritten Folge der Bibliotheca mathematica. Den Umfang eines solchen Verzeichnisses schätzt Eneström auf etwa 20 Bogen.

---

Digitized by Google

Der Vollständigkeit halber sei zum Schlusse noch hinzugefügt, dass die schweizerische Eulerkommission im Berichtsjahre 1908 zwei Sitzungen in Bern abgehalten hat. Am 3. Juli hat sie die Anträge an die schweizerische Naturforschende Gesellschaft formuliert, aus denen dann durch einige Modifikationen die Glarner Beschlüsse vom 30. August (siehe den vorstehenden Aufruf) hervorgegangen sind. Am 6. Dezember hat sie sodann, im Anschluss an die Glarner Beschlüsse, den bereits mitgeteilten Aufruf zur Zeichnung freiwilliger Beiträge beschlossen. Ausserdem hatte sie sich in dieser Sitzung mit einer Anregung seitens der „Vereinigung der Mathematiklehrer an schweizerischen Mittelschulen" zu beschäftigen, in der die Herausgabe der Werke Eulers in einer modernen Sprache gewünscht war. Die Eulerkommission glaubte, zum gründlichen Studium dieser so wichtigen „Sprachenfrage" eine besondere Subkommission einsetzen zu sollen, und bestellte diese aus den Professoren Amstein, Fehr (als dem Präsidenten der „Vereinigung"), Fueter, Graf, Rudio. [Obwohl wir damit bereits in das Jahr 1909 übergreifen, sei hier schon mitgeteilt, dass diese Subkommission einstimmig zu dem Resultate kam, es sei aus wissenschaftlichen und finanziellen Gründen unmöglich, eine Gesamtausgabe der Werke Eulers in Übersetzung zu veranstalten. Gestützt hierauf hat dann auch die Eulerkommission ihrerseits einstimmig die Herausgabe in der Originalsprache beschlossen. Damit ist also auch die Bedingung der Pariser Akademie erfüllt, die ihre Subskription an die Reserve geknüpft hatte, dass bei der Herausgabe die Originalsprache Eulers gewählt werde.]

---

## 25. Nekrologe.

Julius Schwarzenbach (1844—1908, Mitgl. d. Gesellsch. seit 1883).

Samstag nachmittag[1]) wurde hier ein Mann bestattet, von dem Thalwil mit Stolz sagen kann: „Denn er war unser! mag das stolze Wort den lauten Schmerz gewaltig übertönen." In Thalwil geboren und auferzogen hat er unserer Gemeinde eine Liebe und eine Anhänglichkeit entgegengebracht, wie selten einer, und zeitweise seine ganze, gewaltige Manneskraft in den Dienst unseres Gemeindewesens gestellt, das ihm und einigen treuen Mitarbeitern sein gewaltiges Aufblühen in den zwei oder drei letzten Dezennien verdankt.

[1]) Samstag, den 23. Mai; der Nekrolog ist der Neuen Zürcher Zeitung entnommen.

Digitized by Google

Julius Schwarzenbach wurde geboren am 12. April 1844 als zehntes von dreizehn Kindern des Seidenfabrikanten Schwarzenbach-Landis in Ludretikon. Er besuchte die Primar- und Sekundarschule von Thalwil und trat hernach in die Industrieschule in Zürich ein. Nach Absolvierung der Kantonsschule trieb er hauptsächlich auf Anraten seines ältern Bruders August chemische Studien am Polytechnikum mit der Absicht, sich der Färberei zu widmen. Später machte er eine praktische Lehre in der Färberei Blatter im Seefeld und begab sich dann nach Lyon, wo er in einer Färberei arbeitete. Um 1866 kehrte er aus Frankreich zurück. Er verassocierte sich im folgenden Jahre mit dem Besitzer der Färberei Thalwil, Herrn August Weidmann, der noch heute an der Spitze des Unternehmens steht. Mit rastlosem Eifer und ungeheurem Fleiss, sowie einer Arbeitskraft und Lust, die vielleicht nur mit derjenigen seiner Brüder, die sich der Fabrikation gewidmet hatten, verglichen werden kann, arbeiteten die beiden Associés an der Hebung und Ausdehnung des Geschäftes. So viel Arbeit und Energie konnte nicht fruchtlos bleiben; das Etablissement, das im Jahre 1867 bloss 60 bis 70 Arbeiter beschäftigt hatte, wuchs und gedieh wie kein zweites und ist heute das tonangebende der Branche mit zirka 1000 Arbeitern. Julius Schwarzenbach wandte sich bald der kaufmännischen Leitung des Unternehmens zu und überliess den technischen Teil immer mehr seinem Socius Herrn August Weidmann. Vor zirka 15 Jahren trat Herr Schwarzenbach dann ganz aus dem Geschäfte zurück, um sich einesteils seiner Lieblingsbeschäftigung, der Naturkunde, besonders der Botanik,[2]) zu widmen. Mit diesem Zeitpunkt beginnt auch erst eigentlich seine öffentliche Tätigkeit. Wohl hatte er schon einigemale in Behörden gesessen, so in der Sekundarschulpflege, wobei er bald den vor kurzem verewigten Sekundarlehrer Egg kennen und schätzen lernte, so dass sich die beiden in der Liebe zur engern und weitern Heimat wesensverwandten Männer in guter Freundschaft verbanden.

1892 war der um die Gemeinde und deren Entwicklung ebenfalls hochverdiente vieljährige Gemeindepräsident Herr Fritz Schwarzenbach, der unermüdliche Förderer der Linie Thalwil-Zug, gestorben. Sein gegebener Nachfolger im Gemeindepräsidium war Julius Schwarzenbach, der sich zwar nicht leicht entschliessen konnte, dieses Amt zu übernehmen. Wie in seinem Privatunternehmen so auch in seinem Amte als Gemeindepräsident stellte Julius Schwarzenbach seinen ganzen Mann. Erst mit Eröffnung der Linie Thalwil-Zug und mit der ungeahnten Ausdehnung, die die beiden hauptsächlichsten industriellen Etablissements nahmen, wuchs die Gemeinde zum Städtchen und zum Industrieorte heran. Während dieser schwierigen Periode stand Julius Schwarzenbach mit seiner ganzen Kraft an der Spitze des stets zunehmenden Gemeindewesens und leitete es stark und energisch, glücklich manche schwierige Klippe umschiffend. Jedem Scheine abhold, gerade und ungeschminkt sagte er an den Gemeindeversammlungen jedem die Wahrheit. Unrealisierbare Illusionen und

---

[2]) Er schuf bei seinem schönen Landsitz unterhalb des Bahnhofs Thalwil einen prachtvollen Park, der durch seinen Reichtum an exotischen Holzarten, besonders Coniferen, eine vielbesuchte Sehenswürdigkeit bildet. Der Besucher ist erstaunt, hier an den Gestaden des Zürichsees die Magnolia grandiflora der Südstaaten der Union in einem prachtvollen Exemplar zu finden; auch die Chiletanne (Araucaria imbricata) ist in einem zirka 4 m hohen Exemplar vertreten, und einen herrlichen Anblick gewährt eine Gruppe bläulicher Cedern. Der freundliche Besitzer kannte die Lebensgeschichte jedes einzelnen Baumes, und es war ihm eine Freude, den Interessenten seine Schätze zu zeigen. (Anmerk. v. C. Sch.)

Digitized by Google

Utopismus wies er strenge zurück und hielt sich an die realen Verhältnisse der Gegenwart. Als in den Neunziger Jahren die Raumverhältnisse auf unserer Gemeindekanzlei unhaltbar wurden, und man gezwungen war, sich nach andern Lokalitäten umzusehen, da trat er mit dem schönen Projekt des Gemeindehauses hervor, das er auf seine eigenen Kosten für die Gemeinde erstellte und sich damit ein Andenken sicherte, das ihm Thalwil nie vergessen wird. Nach zwölfjährigem segensreichen Wirken für die Gemeinde trat er vom Präsidium und aus dem Gemeinderate zurück, blieb aber stets ein treuer Berater der Behörden.

Ist das Gemeindehaus seine schönste Schöpfung und Stiftung für die Gemeinde, so ist es doch bei weitem nicht die einzige. Schon vorher hatte er der Gemeinde die Gasbeleuchtung in der Kirche auf seine Kosten erstellen lassen und tatkräftig unterstützte er besonders auch das Krankenasyl Thalwil, das ihm stets sehr am Herzen lag. Überhaupt war er für alle gemeinnützigen Unternehmen, sobald er überzeugt war, dass sie realen Verhältnissen entsprachen, stets zu haben, das haben wohl alle die zahlreichen Vereine in der Gemeinde reichlich erfahren.

Seit der Gründung im Jahre 1892 bis zum heutigen Tage gehörte Julius Schwarzenbach auch dem Verwaltungsrate des Elektrizitätswerkes an der Sihl, das erst kürzlich in Staatsbesitz überging, an, und wie sein Sozius seine Arbeitskraft, seine treuen und aufrichtigen Ratschläge stets schätzte, so auch der Verwaltungsrat und die Direktion dieses Unternehmens, das sich ebenfalls rasch und kräftig entwickelte.

Julius Schwarzenbach war aber nicht nur ein gerader Charakter, er war auch von hohen Idealen beseelt. Vor allem liebte er die Natur und die Heimat, aber auch die Künste schätzte er hoch und unterstützte sie eifrig. Für soziale Fragen hatte er ein grosses Verständnis und manche schöne Projekte hatte er noch mit dem verstorbenen Herrn Egg und andern Männern ausgearbeitet, die leider noch der Verwirklichung harren. Den sozialistischen Utopien dagegen stand er kalt gegenüber. Er hatte sich stets an die Wirklichkeit gehalten, hat in ihr gearbeitet und gestrebt und er achtete nur diejenigen, von denen er wusste, dass sie an ihrem Ort ebenfalls ihren ganzen Mann stellten und mit der Wirklichkeit zu rechnen verstanden. So hatte die Gemeinde in ihm stets einen guten und starken Rückhalt auch den lokalen Stürmen der Sozialdemokraten gegenüber. Politische Ambitionen lagen ihm stets fern, so wies er mehreremale ein ihm offeriertes Mandat in den Kantonsrat zurück. Er wollte seine Arbeitskraft und seine Arbeitsfreude nicht zersplittern.

Seit einigen Jahren schon nagte an ihm ein böses Leiden, das er manchmal besiegt glaubte, das aber doch an seinem Mark zehrte. Vor etwa acht Wochen warf es ihn wieder aufs Lager. Er sollte es nur noch einmal verlassen, als die Turnerschar von nah und fern nach Thalwil kam, um seinem Freund und ihrem Förderer, Herrn Egg, ein bescheidenes Denkmal einzuweihen. Ein Herzschlag machte um die Mittagszeit des 20. Mai seinem Leiden ein unerwartet rasches Ende.

Tief trauernd steht die ganze Gemeinde an der Bahre dieses Wägsten und Besten ihrer Mitbürger, dem sie stets ein gutes und dankbares Andenken bewahren wird.

## Fritz von Beust (1856-1908, Mitgl. d. Gesellsch. seit 1881).

Der am 28. Juli 1908 dahingeschiedene Dr. Fritz von Beust gehörte zu den wenigen Menschen, die keine Feinde haben können. Wer hätte nicht

Digitized by Google

seine Freude gehabt an seinem frischen, fröhlichen Wesen, wer hätte es nicht schon bei flüchtiger Begegnung empfunden, dass er es mit einer durch und durch gediegenen, grundehrlichen und noblen Natur zu tun habe! Und nun hat diese kraftvolle Erscheinung, die, wo sie sich auch nur zeigte, Licht, Wärme, Leben hervorrief, einem rasch verlaufenden, tückischen Leiden erliegen müssen. Mit aller Energie sperrte sich seine starke Natur gegen die Krankheit; mit Aufopferung seiner letzten Kraft suchte Beust auf seinem Posten auszuharren und seinem Lehrberufe nachzukommen bis zum Quartalsschluss — dann aber brach er zusammen.

Fritz von Beust wurde am 26. September 1856 als der zweite Sohn des rühmlichst bekannten Pädagogen Friedrich von Beust in Hottingen geboren. Er besuchte die Schule seines Vaters, durchlief das Zürcher Gymnasium und studierte sodann am eidgenössischen Polytechnikum, sowie an der Zürcher Universität Naturwissenschaften, insbesondere Botanik. Nachdem er sich an der Fachlehrerabteilung des Polytechnikums, der er von 1877 bis 1879 angehörte, das Diplom erworben hatte, promovierte er im Februar 1884 an der Zürcher Universität auf Grund der Dissertation: „Untersuchung über fossile Hölzer aus Grönland". Die Arbeit, zu der Beust durch die Professoren Carl Schröter und Oswald Heer veranlasst worden war, ragt weit über gewöhnliche Doktordissertationen hinaus. Wenigstens wurde sie würdig erachtet, in die Denkschriften der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft aufgenommen zu werden, deren 29. Band sie ziert. Einige Jahre vorher, 1881, hatte Beust den bekannten „Schlüssel zum Bestimmen aller in der Schweiz wild wachsenden Blütenpflanzen" herausgegeben, von dem 1889 eine zweite, wesentlich verbesserte Auflage erschien.

Nach Vollendung seiner Studien in Zürich begab sich Beust zur weiteren Ausbildung noch für längere Zeit nach Paris und dann nach England, nahm auch vorübergehend in einem englischen Institute eine Stelle an, um auch diese Praxis kennen zu lernen.

Als Student schon war Beust in den Lehrkörper der Schule seines Vaters eingetreten. Es war für den jungen Mann keine geringe Leistung, den vielgestaltigen Verpflichtungen als Lernender und als Lehrender gleichzeitig nachzukommen und sie mit der ihm eigenen Pünktlichkeit und Gewissenhaftigkeit zu erfüllen. Die kraftvolle Natur allein würde dazu auch nicht ausgereicht haben, hätte er nicht vom Vater zugleich auch die Begeisterung zum Lehrerberuf ererbt. Denn das darf ohne Übertreibung gesagt werden, und das werden heute hunderte und abermals hunderte seiner Schüler und Schülerinnen nachempfinden: Fritz von Beust war ein Lehrer von Gottes Gnaden, und die Schule, der er seine ganze Kraft gewidmet, und die er im Geiste des Vaters fortgeführt hat, war ihm eine wahre Herzenssache. Das fühlten aber auch alle, die das Glück gehabt haben, von ihm unterrichtet zu werden, und es dürfte keinen darunter geben, der nicht mit Liebe und Verehrung und mit aufrichtiger Dankbarkeit des vortrefflichen Lehrers gedächte.

Fritz von Beust hat die auf selbständiger, schaffender Arbeit der Schüler beruhende Methode seines Vaters in mancher Hinsicht noch vertieft und ausgearbeitet. Seiner ganzen Natur aber widersprach es, vor die Öffentlichkeit zu treten, und so unterliess er es, irgend etwas für die Propaganda seiner Methode zu tun, von der Ansicht ausgehend, dass das Gute darin schliesslich doch zum Siege gelangen müsse. Tatsächlich sind ja auch in neuester Zeit manche der Ideen über den Schulunterricht, für die der Vater Beust schon vor fünfzig Jahren mit dem ganzen Feuer und der Energie seiner Persönlichkeit eingetreten

Digitized by Google

ist, und die er in seiner Schule verwirklicht hat, heute fast allgemein zur Diskussion gekommen und werden zum Teil auch im Volksschulunterricht eingeführt.

## Publikationen von Dr. Fritz von Beust.

1884. Untersuchung über fossile Hölzer aus Grönland. 43 S., 4 Tabellen, 6 Taf. Neue Denkschriften der Schweiz. Naturforsch. Gesellschaft, Band 29. Georg & Cie., Verlag, Basel 1884. (Zugleich Dissertation.)

1881. Schlüssel zum Bestimmen aller in der Schweiz wild wachsenden Blütenpflanzen. Meyer & Zeller (Reinmannsche Buchh.), Zürich 1881.

1889. Schlüssel zum Bestimmen aller in der Schweiz wild wachsenden Blütenpflanzen. Zweite, verbesserte Auflage. Meyer & Zeller (Reinmannsche Buchh.), Zürich, 1889.

Digitized by Google

# Sitzungsberichte von 1908.

### Sitzung vom 6. Januar 1908 auf Zimmerleuten.

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. A. Werner.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt.

Zum Eintritt in die Gesellschaft hat sich angemeldet: Herr Dr. Hans Meierhofer, Sekundarlehrer, empfohlen durch Herrn Dr. K. Bretscher.

Herr Dr. K. Bretscher hält einen durch zahlreiche Demonstrationsobjekte erläuterten Vortrag: „Zum Problem des Vogelfluges".

An der Diskussion beteiligen sich die Herren: Dr. de Quervain, Dr. Arnold Heim, Prof. Dr. Albert Heim und der Vortragende.

Die Herren Prof. Mauderli, Solothurn, und Prof. Dr. Grossmann, Zürich, werden einstimmig als Mitglieder in die Gesellschaft aufgenommen.

Schluss der Sitzung 10 Uhr.

### Sitzung vom 20. Januar 1908 auf Zimmerleuten.

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. A. Werner.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt.

Zum Eintritt in unsere Gesellschaft hat sich angemeldet: Herr Dr. Oswald Stix, Ingenieur, empfohlen durch Herrn Prof. Dr. Werner.

Demonstrationsabend: Herr Escher-Kündig zeigt Dipteren aus den Steinbrüchen von Algier vor; Herr Prof. Dr. Heim demonstriert Gerölle aus Pflanzendriften. An der Diskussion beteiligen sich die Herren Dr. de Quervain und Prof. Heim.

Herr Sekundarlehrer Wartenweiler hält einen Demonstrationsvortrag, betitelt: Warum scheint der Mond am Horizont grösser als im Meridian?

Herr Dr. Bretscher weist einen Albatros vor und Herr Ph. Flury, spricht über Störungen in der Jahrringbildung bei Waldbäumen. Herr Prof. Dr. K. Egli demonstriert ein chemisches Modell der vulkanischen Erscheinungen.

Herr Dr. Hans Meierhofer, Sekundarlehrer, wird einstimmig in die Gesellschaft aufgenommen.

Schluss der Sitzung 10 Uhr.

### Sitzung vom 3. Februar 1908 im Gebäude der landwirtschaftlichen Schule beim Polytechnikum.

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. A. Werner.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt.

Herr Dr. de Quervain hält einen Vortrag, betitelt: Ueber Ballonfahrten und Ballonführung.

Herr Dr. O. Stix spricht über flüssige Krystalle und begleitet seinen Vortrag mit zahlreichen Projektionsbildern.

Digitized by Google

Herr Dr. O. Stix, Ingenieur, wird einstimmig als Mitglied in die Gesellschaft aufgenommen. Zum Schluss dankt der Vorsitzende Herrn Prof. Schröter für die Überlassung des Hörsaales und Herrn Prof. Jaccard für die Überlassung des Projektionsapparates.

Schluss der Sitzung 10½ Uhr.

**Sitzung vom 17. Februar 1908 auf Zimmerleuten.**

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. A. Werner.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt.

Herr Prof. Dr. Rudio hält einen Vortrag über: Die neue Schrift des Archimedes. An der Diskussion beteiligen sich die Herren Dr. de Quervain und der Vortragende.

Schluss der Sitzung 10½ Uhr.

**Hauptversammlung vom 25. Mai 1908 auf Zimmerleuten.**

Beginn 7 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. A. Werner.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt.

Der Vorsitzende macht Mitteilung vom Tode der Herren Wilhelm Kehlhofer in Wädenswil und Julius Schwarzenbach in Thalwil. Zu Ehren der Verstorbenen erheben sich die Anwesenden von ihren Sitzen.

Zur Aufnahme in die Gesellschaft hat sich, empfohlen durch Herrn Prof. Dr. A. Ernst, angemeldet: Herr N. H. Swellengrebel, Assistent am botanisch-physiologischen Institut der Universität.

In sofort vorgenommener Abstimmung wird Herr Swellengrebel einstimmig in die Gesellschaft aufgenommen.

Der Quästor, Herr Dr. Kronauer, legt die Rechnung für 1907 vor.

Einnahmen:

| | | |
|---|---|---|
| Zinsen des Haupt- und Illustrationsfonds | Fr. | 4,330.75 |
| Beiträge der Mitglieder | „ | 4,852.— |
| Neujahrsblatt | „ | 555.20 |
| Kataloge | „ | 48.— |
| Vierteljahrsschrift | „ | 299.25 |
| Beiträge von Behörden und Gesellschaften | „ | 3.200.— |
| Allerlei | „ | 38.70 |
| Gesamtsumme der Einnahmen | Fr. | 13,323.90 |

Ausgaben:

| | | |
|---|---|---|
| Bücher | Fr. | 4,991.63 |
| Buchbinderarbeiten | „ | 975.15 |
| Neujahrsblatt | „ | 558.95 |
| Vierteljahrsschrift | „ | 5,000.20 |
| Katalogisierungsarbeiten | „ | 24.12 |
| Miete, Heizung und Beleuchtung | „ | 119.50 |
| Besoldungen | „ | 2,538.80 |
| Verwaltung | „ | 552.25 |
| Allerlei | „ | 10.12 |
| Gesamtsumme der Ausgaben | Fr. | 14,770.72 |

Gegenüber dem Voranschlag ergab sich für die Einnahmen ein Mehrbetrag von Fr. 483.90 herrührend vom Legat Ott und einem etwas grösseren Ertrag des Neujahrsblattes und der Vierteljahrsschrift.



Digitized by Google

Die Ausgaben dagegen überschritten den Voranschlag um Fr. 1,730.72. Zu diesem Ausgabenüberschuss trugen hauptsächlich bei: der Posten Bücher und Buchbinderarbeiten mit Fr. 500.—, der Posten Vierteljahrsschrift mit Fr. 1000.—, der Posten Neujahrsblatt mit Fr. 160.—; wobei zu bemerken ist, dass die wirklichen Ausgaben für die Vierteljahrsschrift, statt wie angegeben Fr. 5000.—, eigentlich Fr. 5647.— betragen haben. Die wirklichen Ausgaben für das Neujahrsblatt betrugen Fr. 866.— statt, wie in der Rechnung angegeben, Fr. 558.95. Die Differenzen wurden bei der Vierteljahrsschrift von verschiedenen Mitarbeitern, beim Neujahrsblatt vom Autor desselben, Herrn Prof. Dr. Heim, getragen.

Der Überschuss der Ausgaben über die Einnahmen stellt sich auf Fr. 1446.82 und das Vermögen der Gesellschaft auf Ende 1907 auf Fr. 87,555.30, wovon auf den Hauptfond Fr. 81,055.32, auf den Illustrationsfond Fr. 6500.— entfallen, welch letzterer sich im Laufe des Jahres 1907 weder vermehrt noch vermindert hat.

Der Bibliothekar, Herr Prof. Dr. Hans Schinz, begründet die Mehrausgaben auf dem Konto Bücheranschaffungen mit der Ergänzung einiger Serienwerke aus dem Gebiete der Geologie, für die sich zufälligerweise eine günstige Gelegenheit bot, die nicht ungenützt vorbeigelassen werden durfte. Die Buchbinderarbeiten blieben unter dem Voranschlage.

Die Rechnungsrevisoren, Herren Prof. Dr. Burckhardt und Prof. Dr. Gysi, teilen schriftlich mit, dass sie die Rechnung geprüft und in allen Teilen richtig befunden haben. Sie beantragen Abnahme derselben unter wärmster Verdankung an den Quästor.

Diesem Antrag schliesst sich die Versammlung an.

Das von Herrn Dr. Kronauer entworfene und vom Vorstand angenommene Budget für 1908 lautet wie folgt:

| Einnahmen: | | |
|---|---|---|
| Zinsen von Kapitalien | Fr. | 4,300.— |
| Beiträge der Mitglieder | „ | 4,900.— |
| Neujahrsblatt | „ | 400.— |
| Kataloge | „ | 50.— |
| Vierteljahrsschrift | „ | 200.— |
| Beiträge von Behörden und Gesellschaften | „ | 3,200.— |
| Allerlei | „ | 50.— |
| Gesamtsumme der Einnahmen | Fr. | 13,100.— |

| Ausgaben: | | |
|---|---|---|
| Bücher | Fr. | 4,200.— |
| Buchbinderarbeiten | „ | 1,000.— |
| Neujahrsblatt | „ | 500.— |
| Vierteljahrsschrift | „ | 4,200.— |
| Kataloge | „ | 20.— |
| Miete, Heizung und Beleuchtung | „ | 150.— |
| Besoldungen | „ | 2,500.— |
| Verwaltung | „ | 500.— |
| Allerlei | „ | 30.— |
| Gesamtsumme der Ausgaben | Fr. | 13,100.— |

Die Einnahmen wurden so gesetzt, wie sie sich voraussichtlich bei normalem Verlauf gestalten werden. Für den Staatsbeitrag, um den jedes Jahr neu eingekommen werden muss, während die Beiträge der Stadt und der

Digitized by Google

Museumsgesellschaft für eine Reihe von Jahren festgelegt sind, werden wiederum Fr. 1500.— in Aussicht genommen.

Die Ansätze in den Ausgaben entsprechen im ganzen denjenigen des Voranschlages für 1907 und für eine Reihe von Posten den wirklichen Ausgaben des Jahres 1907. Für das Neujahrsblatt werden Fr. 500.—, statt Fr. 400.— wie letztes Jahr, eingesetzt, da erfahrungsgemäss der frühere Betrag, insbesondere wenn keine Nachhilfe stattfindet, bei weitem nicht ausreicht.

Das Budget wird ohne Diskussion angenommen und dem Herrn Quästor bestens verdankt.

Bericht des Aktuars Dr. E. Schoch über die wissenschaftliche Tätigkeit und den Bestand der Naturforschenden Gesellschaft 1907/08.

Gleich wie im vorigen Jahre wurden im Berichtsjahre, die Hauptversammlung eingerechnet, 9 Sitzungen abgehalten. Sie waren sehr zahlreich besucht. Neben der Anziehungskraft der interessanten Vorträge und Demonstrationen mögen die dieses Jahr permanent, d. h. zu jeder Sitzung versandten Einladungskarten einiges beigetragen haben.

In diesen 9 Sitzungen wurden 14 Vorträge und Mitteilungen gegeben, die in folgende Disziplinen fallen: 1 auf Mathematik, 3 auf Physik, 2 auf Chemie, 4 auf Zoologie, 1 auf Botanik, 3 auf Geologie.

a) Vorträge:

1. Herr Prof. Dr. A. Lang: Eine neue cytologische Theorie der Geschlechtsbestimmung.
2. „ Prof. Dr. A. Heim: Die neuen Entdeckungen über den Bau der Alpen.
3. „ Prof. Dr. E. Constam: Methoden zur Bewertung von Brennmaterialien.
4. „ Dr. Arnold Heim: Die Brandungszone der Schweizeralpen.
5. „ Dr. K. Bretscher, Zum Problem des Vogelflugs.
6. „ Dr. de Quervain: Über Ballonfahrten und Ballonführung.
7. „ Dr. O. Stix: Über flüssige Kristalle.
8. „ Prof. Dr. F. Rudio: Die neue Schrift des Archimedes.

b) Mitteilungen:

1. „ Escher-Kündig: Dipteren aus den Steinbrüchen von Alger.
2. „ Prof. Dr. Heim: Gerölle aus Pflanzendriften.
3. „ Sekundarlehrer Wartenweiler: Warum scheint der Mond am Horizont grösser als im Meridian?
4. „ Dr. K. Bretscher: Vorweisung eines Albatros.
5. „ Ph. Flury: Über Störungen in der Jahrringbildung bei Waldbäumen.
6. „ Prof. Dr. K. Egli: Demonstration eines chemisch. Modells vulkanischer Erscheinungen.

Vierteljahrsschrift.

Der 52. Jahrgang der Vierteljahrsschrift umfasst 592 Seiten mit 20 wissenschaftlichen Abhandlungen von 18 verschiedenen Verfassern. Von diesen Abhandlungen stammen aus dem Gebiet der Mathematik 3, der Physik 4, der Chemie 1, der Botanik 4, der Zoologie 1, der Physiologie 2, der Mineralogie 1, der Geologie 1.

Drei Beiträge betreffen die Notizen zur schweizerischen Kulturgeschichte und die Nekrologe.

Digitized by Google

Das Schlussheft enthält ferner die Sitzungsberichte und den Bibliotheksbericht für 1907, sowie ein auf 31. Dezember 1907 abgeschlossenes Mitgliederverzeichnis.

Das 110. Neujahrsblatt auf das Jahr 1908 wurde verfasst von Herrn Prof. Dr. Albert Heim und trägt den Titel: Der Bau der Schweizeralpen. Es umfasst 26 Seiten mit 2 Tafeln und 9 Illustrationen.

Der Mitgliederbestand zeigt gegenüber dem Vorjahre folgende Veränderungen.

Gestorben sind im Berichtsjahre die Herren:

Geheimrat Prof. Dr. Gustav Zeuner in Dresden, Ehrenmitglied.
Prof. Dr. Ludwig Fischer in Bern, Ehrenmitglied.
Prof. Dr. Georg Sidler in Bern.
Wilhelm Kehlhofer in Wädenswil.
Julius Schwarzenbach in Thalwil.

Ausgetreten sind die Herren:

Wepfer, Oberbergrat in Stuttgart.
Dr. Jordan, Privatdozent in Würzburg.
Oberst H. Bleuler-Huber in Zürich.
Prof. Dr. H. Ganter in Aarau.
Prof. Dr. W. Fiedler in Zürich.

Gegenwärtig zählt die Naturforschende Gesellschaft 16 Ehrenmitglieder, 2 korrespondierende Mitglieder und 289 ordentliche Mitglieder.

Der Bericht des Aktuars wird genehmigt und bestens verdankt.

### Bericht des Bibliothekars, Herrn Prof. Dr. Hans Schinz.

Die Zahl der Entleiher von Büchern aus dem Bücherbestand unserer Gesellschaft belief sich im Jahre 1907 auf 166 mit 1710 Werken (ohne die Serien bei den Herren Prof. Lang, Werner, Ernst und Schinz) gegenüber von 114 Entleihern mit 1151 Werken im Jahre 1906. Der Lesesaal wurde durchschnittlich von 8—14 Personen besucht.

Die Zahl der im Jahre 1907 von Mitgliedern ausgestellten, zur Benützung der Bibliothek berechtigenden Bürgscheine belief sich auf 59. Es dürfte vielleicht früher oder später doch die Frage aufzuwerfen sein, ob für die Benützung der Bibliothek seitens von Nichtmitgliedern auf Grund ausgestellter Bürgscheine nicht eine, wenn auch bescheidene Entschädigung verlangt werden sollte, bezw. ob solche Benutzer nicht in irgendwelcher Form mit herangezogen werden sollten, einen Beitrag an die Kosten der Bibliotheksunterhaltung zu leisten; jedenfalls darf mit Fug und Recht immer wieder darauf hingewiesen werden, welch bedeutende Last die Naturforschende Gesellschaft dem Staate im Hinblick auf die Hochschule dadurch abnimmt, dass sie im Verein mit der Kantonsbibliothek für die unbedingt notwendigen literarischen Hilfsmittel unablässig besorgt ist.

Anzahl der Tauschgesellschaften: a) Schweiz 41, b) Deutschland 109, c) Österreich-Ungarn 42, d) Holland 13, e) Dänemark, Schweden und Norwegen 20, f) Frankreich 38, g) Belgien 11, h) England 33, i) Italien 28, k) Spanien und Portugal 8, l) Russland und Rumänien 22, m) Amerika 98, n) Übrige Länder 23. Total 486 (1906 : 481).

Eingegangen ist das Istituto cartografico italiano in Rom. Die Naturwissenschaftliche Rundschau, Braunschweig, bis Ende 1907 im Tausch, hat aus nicht näher bezeichneten Gründen den Tauschverkehr eingestellt und wir müssen nunmehr diese Zeitschrift auf dem Wege des Abonnements beziehen.

Digitized by Google

Zahl der angeschafften Periodica: a) Akademien, Allgemeines 32, b) Astronomie und Meteorologie 4, c) Botanik 16, d) Geographie, Etnographie 9, e) Geologie, Petrographie, Mineralogie, Palaeontologie 20, f) Mathematik 13, g) Physik und Chemie 16, h) Zoologie 17. Zusammen 127 (1906: 125).

Die Revision der Bibliothek, die im September durchgeführt wurde, ergab ein günstiges Resultat, indem vom gesamten Bücherbestand kein Exemplar vermisst wurde.

Von den gemeinsamen Zuwachsverzeichnissen der stadtzürcherischen Bibliotheken sind im Jahre 1907 zur Ausgabe gelangt: 1906, Jahrgang X, Heft 3 und 4, 1907, Jahrgang XI, Heft I.

Der Verkehr mit dem Lesemuseum, die Mappenzirkulation und der Tauschverkehr wickelten sich ohne Störung ab.

Der Bibliotheksbericht wird genehmigt und dem Hrn. Bibliothekar wärmstens verdankt.

### Wahlen.

Als Präsident der Gesellschaft für die zwei folgenden Jahre wird gewählt Herr Prof. Dr. M. Standfuss, als Vizepräsident Herr Prof. Dr. K. Hescheler, Herr Prof. Dr. Hans Schinz wird als Bibliothekar auf eine neue Amtsdauer bestätigt, ebenso Herr E. Huber-Stockar als Beisitzer. Als Beisitzer wird ferner gewählt der abtretende Präsident, Herr Prof. Dr. A. Werner.

Die Mitglieder der Bibliothekskommission (Fachbibliothekare) und die Mitglieder der Druckschriftenkommission werden in globo für eine neue Amtsdauer bestätigt.

Als Rechnungsrevisoren werden gewählt die Herren Escher-Kündig und Dr. von Schulthess-Schindler. Als Delegierte an die Jahresversammlung der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft in Glarus die Herren Prof. Dr. A. Ernst und Dr. Th. Frick.

Schluss der Sitzung 8 Uhr.

**Sitzung vom 2. November 1908** im Hörsaal VII der Universität.

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. Standfuss.

Der Vorsitzende heisst die Anwesenden zum Beginn der Wintersitzungen willkommen und spricht den Behörden der Stadt und des Kantons für die eingegangenen Subventionen den Dank der Gesellschaft aus.

Seit der Generalversammlung sind gestorben die Herren: Dr. Fritz von Beust und Karl Gubler. Der Vorsitzende gedenkt ihrer, und die Versammlung erhebt sich zu Ehren der Abgeschiedenen von den Sitzen.

Zur Aufnahme in die Gesellschaft haben sich angemeldet die Herren:

Ad. Voege, eingeführt durch Herrn Dr. Field.
Dr. H. Hirzel-William, „ „ „ Escher Kündig.
Prof. Dr. Ehrhardt Schmidt „ „ „ Prof. Stoll und Prof. Schinz.

Herr Prof. Dr. Alfred Ernst hält einen Vortrag betitelt: In den Urwäldern am Gedehgebirge auf Java.

Schluss 10 Uhr.

**Sitzung, gemeinsam mit der Botanischen Gesellschaft, am 16. November 1908 auf Zimmerleuten.**

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. Standfuss.

Der Vorsitzende begrüsst die Mitglieder der botanischen Gesellschaft, die auf eine Anregung ihres Präsidenten, Herrn Prof. Dr. Hans Schinz, ausnahms-

Digitized by Google

weise ihre Sitzung mit der Sitzung unserer Gesellschaft zusammen abzuhalten beschlossen hat.

Zur Aufnahme in die Naturforschende Gesellschaft hat sich angemeldet Herr Jänicke-Schneider, Lehrer der Mathematik, empfohlen durch Herrn Dr. H. Kronauer.

Als Mitglieder in die Gesellschaft werden einstimmig gewählt die Herren: Ad. Voege, Dr. H. Hirzel-William, Prof Dr. E. Schmidt.

Herr Dr. Brockmann-Jerosch hält einen Vortrag betitelt: Neue Fossilfunde aus dem Quartär und deren Bedeutung für die Auffassung des Wesens der Eiszeit.

Die Diskussion wird benützt von den Herren Prof. Heim, Prof. Früh, Prof. Schröter, Dr. Rickli, Dr. de Quervain, Ing. Gogarten, Dr. Brockmann, Dr. Arnold Heim.

Schluss der Sitzung 10 Uhr.

**Sitzung vom 30. November 1908 auf Zimmerleuten.**

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. Standfuss.

Die Protokolle der zwei vorhergegangenen Sitzungen werden verlesen und genehmigt.

Zur Aufnahme in die Gesellschaft hat sich angemeldet:

Herr Ernst Sacken, empfohlen durch die Herren Professoren Lang und Hescheler.

Herr Jänicke-Schneider wird einstimmig in die Gesellschaft aufgenommen.

Herr Direktor Dr. med. Ris von Rheinau hält einen Vortrag über: Die Wiederbesiedelung der Alpen mit Insekten nach der Eiszeit. Die Diskussion wird benützt von den Herren Dr. Brockmann, Dr. Ris, Dr. Blösch, Prof. Heim, Prof. Schröter, Prof. Standfuss.

Schluss der Sitzung 10 Uhr.

**Sitzung vom 21. Dezember 1908 auf Zimmerleuten.**

Beginn 8 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. Standfuss.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt.

Zur Aufnahme in die Gesellschaft werden angemeldet:

Herr Sinai Tschulok, Fachlehrer für Naturwissenschaften, empfohlen durch die Herren Professoren Standfuss und Hescheler.

Fräulein Dr. L. Hezner, Assistentin am mineralogischen Institut des Polytechnikums, empfohlen durch Herrn Prof. Dr. Grubenmann.

Herr Ernst Sacken wird einstimmig zum Mitglied der Gesellschaft gewählt.

Herr Prof. Dr. K. Hescheler hält einen Vortrag über: Neuere Ergebnisse der Säugetierpalaeontologie.

Schluss 10 Uhr.

Der Aktuar:
Emil Schoch.

Digitized by Google

# Bibliotheksbericht von 1908.

**Der Bibliothek sind vom 15. Dezember 1907 bis zum 15. Dezember 1908 nachstehende Schriften zugegangen:**

## A. Geschenke.

*Von Herrn G. Claraz, Zürich:*

Revue scientifique, Paris, 5e série, 1908, 1er sémestre, nos. 1—26; 2e sémestre, nos. 1—16.

*Von der Verlagsbuchhandlung Engelmann, Leipzig:*

(für den † Herrn Geh.-Rat Prof. Dr. Alb. v. Kœlliker, Würzburg)

Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. LXXXVIII, Heft 4; Bd. LXXXIX, Heft 1—4; Bd. XC; XCI, Heft 1—4.

*Von Herrn Prof. Dr. J. Heuscher, Zürich V:*

Schweizer. Fischereizeitung 1907, Bd. XV, No. 11—12; 1908, Bd. XVI No. 1—10.

*Von Herrn Privatdozent Dr. Hans Bluntschli, Anatomie, Zürich:*

Das Gebiss des Menschen als Zeugnis seiner Vergangenheit. SA. Zürich, 1907.

*Von Herrn Prof. Dr. A. Wolfer, Sternwarte, Zürich:*

Astronomische Mitteilungen No. 98. Zürich, 1908.

Association géodésique internat. Travaux astronomiques et géodésiques en Suisse, vol. XI, Zurich 1908.

Procès-verbal, Commission géodésique suisse à Berne, 1908. Neuchâtel, 1908.

*Von Herrn Dr. G. Dumas, Asylstr. 81, Zürich V:*

Sur quelques cas d'irréductibilité des polynomes à cœfficients rationnels. SA. Paris 1906.

*Von Herrn Dr. J. Escher-Bürkli, Zürich I:*

Friedrich Schweizer: Über das Durchgehen von Bazillen durch die Nieren. Dissertation. Würzburg, 1887.

Eugen Blasius und Fritz Schweizer: Elektropismus und verwandte Erscheinungen. SA. Bonn, 1893.

Richard Stierlin: Zur Kenntnis der „Benzile". SA. Berlin, 1889.

*Von Herrn Dr. F. Oppliger, Küsnacht (Zürich):*

Spongien aus dem Argovien I (Birmenstorferschichten) des Département du Jura, Frankreich. SA. Zürich, 1907.

*Von Herrn Prof. H. Müller-Thurgau, Wädenswil:*

Bakterienblasen (Bacteriocysten). (Aus der Schweiz. Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil.) SA. Jena, 1908.

Digitized by Google

*Von Herrn Prof. Dr. F. Rudio, Zürich V:*

Referat über: J. L. Heiberg und H. G. Zeuthen, Eine neue Schrift des Archimedes. Ausschnitt. Leipzig, 1907.

Ferd. Rudio und Carl Schröter: Notizen zur schweizer. Kulturgeschichte. 21 bis 23. SA. Zürich, 1908.

Ferd. Rudio: Kleine Bemerkungen zur letzten Auflage von Cantors „Vorlesungen über Geschichte der Mathematik". SA. Leipzig, 1908.

Ferd. Rudio: Nachruf auf Friedrich Hultsch. Ausschnitt. 1907.

„ „ Friedrich Hultsch. SA. Leipzig, 1908.

„ „ Georg Sidler. Nekrolog. SA. Zürich, 1908.

„ „ Moriz Abraham Stern. Biographie. SA. o O. 1908.

„ „ Dr. Fritz von Beust. Nekrolog. SA. 1908.

*Von Herrn Thomas Tommasina, Genf:*

Sur l'action exclusive des forces Maxwell-Bartoli dans la gravitation universelle Genève, 1908.

*Von Herrn Prof. Dr. Heinrich Zangger, Zürich V:*

Über Membranen I, II. SA. Zürich, 1906–07.

*Von Herrn Prof. Dr. Albert Heim, Zürich V:*

23 einzelne Hefte aus russischen Zeitschriften.

*Vom Verlag B. G. Teubner, Leipzig:*

Verlags-Katalog, 101. Ausgabe, auf dem Gebiete der Mathematik, Naturwissenschaften, Technik nebst Grenzwissenschaften. April 1908. Leipzig, 1908.

*Von der Universitätskanzlei, Zürich:*

Die Entwicklung der Hydrometrie in der Schweiz. Bearbeitet und herausgegeben vom eidgen. hydrometrischen Bureau. Bern, 1907.

*Von Herrn Dr. Otto Schlaginhaufen, z. Zt. in Simpsonhafen (Deutsch Neuguinea):*

Bericht über eine Orientierungsreise nach Kieta auf Bougainville. SA. o O. 1908.

Reisebericht aus Süd-Neu-Mecklenburg. Ausschnitt. o O. 1908.

*Von † Herrn W. Kelhofer, Vorstand der chem. Abteilung der Schweizerischen Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil:*

Beiträge zur Kenntnis der Birngerbstoffe und seiner Veränderungen bei der Obstweinbereitung. SA. o O. 1908.

*Von Herrn Prof. Dr. H. Burckhardt, Kreuzplatz 1, Zürich V:*

Encyclopädie der mathematischen Wissenschaften, Bd. III, 1. und 3. Teilband. Leipzig, 1901–08.

*Von Herrn Prof. Dr. Arnold Lang, Zürich IV:*

Arnold Lang: Über die Bastarde von Helix hortensis Müller und Helix nemoralis L. Mit Beiträgen von H. Bosshard, Paul Hesse und Elisabeth Kleiner. Jena, 1908.

Agricultural Gazette of New South Wales, vol. XVIII, 1907.

*Von der tit. Stadtbibliothek, Zürich:*

60 Dissertationen naturwissenschaftlichen Inhalts der Universität Bern aus den Jahren 1907–08.

Digitized by Google

## B. Im Tausch gegen die Vierteljahrsschrift.

### *a) Schweiz.*

Basel. Naturforsch. Gesellschaft, Verhandlungen, Bd. XIX, Heft 3.
Bern. Schweiz. naturforsch. Gesellschaft. Geologische Kommission: Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, neue Folge, Liefg. XV, XXI und Beilagen No. 5—6; XXII; nebst 3 Kartenbeilagen. Geodätische Kommission: Internat. Erdmessung. Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz. Bd. X.
Bern. Eidgen. Oberbauinspektorat, Hydrometrische Abteilung. Graphische Darstellung der schweizer. hydrometrischen Beobachtungen 1906.
Bern. Naturforschende Gesellschaft Bern, Mitteilungen, 1907, No. 1629-1664.
Bern. Schweizer. botanische Gesellschaft, Berichte, Heft XVII.
Chur. Naturforschende Gesellschaft Graubündens, Jahresberichte, neue Folge Bd. L, 1907—08.
Frauenfeld. Thurg. naturforsch. Gesellschaft, Mitteilungen, Heft XVIII.
Fribourg. Société fribourgeoise des sciences naturelles, Comptes-rendus 1906—1907, vol. XV; Mémoires: Botanique, vol. II, fasc. 5.
Genève. Société helvétique des sciences naturelles, Compte-rendu des travaux, Session XC, 1907. Actes, vol. XC, 1907, tome I—II.
Lausanne. Société vaudoise des sciences naturelles, Bulletin, 5e série, vol. XLIII, No. 160—161; XLIV, No. 162.
Luzern. Naturforsch. Gesellschaft, Mitteilungen, Heft V.
Neuchâtel. Société neuchâteloise des sciences natur., Bulletin, tome XXXIII, 1904—05; XXXIV, 1905—07.
Neuchâtel. Société de géographie, Bulletin, tome XVIII, 1907.
Neuchâtel. Commission géodésique suisse, Procès-verbal 1908.
St. Gallen. Naturwissenschaftl. Gesellschaft, Jahrbuch 1906.
Schaffhausen. Schweizerische entomologische Gesellschaft, Mitteilungen, Bd. XI, Heft 7—8.
Winterthur. Stadtbibliothek, Neujahrsblatt für 1908.
Zürich. Schweizer. Ingenieur- und Architektenverein, Schweizer. Bauzeitung 1907, Bd. L., No. 22—26; 1908, Bd. LI, No. 1-26; Bd. LII, No. 1-20.
Zürich. Zuwachsverzeichnis der zürcher. Bibliotheken, 1907, Bd. XI, Heft 2—4.
Zürich. Stadtbibliothek, Jahresbericht 1907.
Zürich. Schweizer. meteorologische Zentralanstalt, Annalen, 1906.
Zürich. Physikalische Gesellschaft, Mitteilungen, 1907, No. 11—12; 1908, No. 13.
Zürich. Museumsgesellschaft, Jahresbericht 1907 und Beilage.
Zürich. Zentralkatalog, Jahresbericht 1907.
Zürich. Schweiz. Zentralanstalt für das forstliche Versuchswesen, Mitteilungen. Bd. IX.
Zürich. Schweizer. Landesmuseum, Jahresbericht XVI, 1907.

### *b) Deutschland.*

Altenburg. Naturforsch. Gesellschaft des Osterlandes, Mitteilungen, neue Folge, Bd. XIII.
Bamberg. Naturforsch. Gesellschaft, Bericht, Bd. XIX—XX.
Berlin. Deutsche chemische Gesellschaft, Berichte, Jahrgg. XL, No. 16—19; XLI, No. 1—15.

Digitized by Google

Berlin. Gesellschaft Naturforschender Freunde, Sitzungsberichte 1907, No. 8—10; 1908, No. 1—6.

Berlin. Deutsche geologische Gesellschaft, Zeitschrift, Bd. LIX, Heft 4; LX, Heft 1—3 und Beilage.

Berlin. Kgl. preuss. Akademie der Wissenschaften, Sitzungsberichte 1907, No. 39—53; 1908, No. 1—39.

Berlin. Botanischer Verein der Provinz Brandenburg, Verhandlungen, Jahrg. XLIX, 1907.

Berlin. K. preussische geologische Landesanstalt und Bergakademie, Jahrbuch 1904, Bd. XXV.

Berlin. Naturwissenschaftlicher Verein für Neu-Vorpommern und Rügen in Greifswald, Mitteilungen, Bd. XXXIX, 1907.

Berlin. Naturwissenschaftl. Verein für den Reg.-Bezirk Frankfurt a/Oder, Helios, Bd. XXIV—XXV.

Bonn. Naturhistorischer Verein. Verhandlungen, Jahrg. LXIV, 1907, 1. und 2. Hälfte; Sitzungsberichte 1907, 1. und 2. Hälfte.

Braunschweig. Verein für Naturwissenschaften, Jahresbericht, Bd. XV, 1905—07.

Braunschweig. Naturwissenschaftliche Rundschau, Jahrg. XXII, No. 48—52.

Braunschweig. Deutsche physikalische Gesellschaft, Verhandlungen, Jahrg. IX, No. 21—24; X, No. 1—10.

Bremen. Naturwissenschaftlicher Verein, Abhandlungen, Bd. XIX, Heft 2.

Bremen. Deutsches meteorologisches Jahrbuch für 1907.

Bremerhaven-Geestemünde. Verein für Naturkunde an der Unterweser, Aus der Heimat — Für die Heimat, neue Folge, Heft 1.

Breslau. Schlesische Gesellschaft für vaterländische Kultur, Jahresbericht LXXXIV, 1906 und Ergänzungsheft.

Danzig. Naturforsch. Gesellschaft, Schriften, neue Folge, Bd. XII, Heft 1—2 und Beilage.

Darmstadt. Verein für Erdkunde und geologische Landesanstalt, Notizblatt, 4. Folge, Heft XXVIII.

Dresden. Naturwissenschaftliche Gesellschaft „Isis", Sitzungsberichte und Abhandlungen, 1907, Juli-Dezember; 1908, Januar-Juni.

Dresden. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde, Jahresbericht 1906—07.

Dürkheim. Polichia, Naturwissenschaftl. Verein, Mitteilungen 1907, Bd. LXIV, No. 23.

Emden. Naturforschende Gesellschaft, Jahresbericht 91, 1905—1906.

Frankfurt a. M. Senckenbergsche naturforschende Gesellschaft, Abhandlungen, Bd. XXX, Heft 3; Bericht 1907 und Beilage: Festschrift 1907.

Frankfurt a. M. Physikalischer Verein, Jahresbericht 1906—07.

Freiburg i. B. Naturforsch. Gesellschaft, Berichte, Bd. XV, XVII, Heft 1.

Göttingen. K. Gesellschaft der Wissenschaften, Nachrichten, mathemat.-naturwissenschaftliche Klasse, 1907, No. 4—5; 1908, No. 1—3; Geschäftliche Mitteilungen 1906, Heft 2; 1907, Heft 2; 1908, Heft 1.

Halle. Kaiserl. Leopoldinisch-Carolin. deutsche Akademie der Naturforscher, Leopoldina, Heft XLIII, No. 11—12; XLIV, No. 1—9; Nova Acta, Bd. LXXIII; LXXXVII.

Hamburg. Naturhistorisches Museum, Mitteilungen, Jahrg. XXIV.

Hamburg. Mathematische Gesellschaft, Mitteilungen, Bd. IV, Heft 8.

Hamburg. Naturwissenschaftl. Verein, Verhandlungen 1907, Bd. XV, 3. Folge.

Digitized by Google

Hamburg. Verein für naturwissenschaftl. Unterhaltung, Verhandlungen, Bd. XIII, 1905—07.

Hanau. Wetterausche Gesellschaft für die gesamte Naturkunde, Bericht: Festschrift 1908.

Hirschberg i. Schl. Deutscher und österreichischer Riesengebirgs-Verein, Der Wanderer im Riesengebirge, No. 302—313.

Karlsruhe. Grossherzogl. Sternwarte zu Heidelberg, Mitteilungen, Heft X—XII.

Karlsruhe. Naturwissenschaftlicher Verein, Verhandlungen, Bd. XX, 1906—07.

Kiel. Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel und der biologischen Anstalt auf Helgoland, Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Abt. Helgoland, neue Folge, Bd. VIII, Heft 2; Abt. Kiel, neue Folge, Bd. X.

Königsberg. Physikal-ökonom. Gesellschaft, Schriften, Jahrg. XLVII, 1906.

Landshut. Naturwissenschaftl. (botanischer) Verein, Bericht XVIII, 1904—06.

Leipzig. Kgl. sächsische Gesellschaft der Wissenschaften, Mathemat.-physikal. Klasse, Abhandlungen, Bd. XXX, No. 4; Berichte über die Verhandlungen 1907, No. 4; 1908, No. 1—5.

Leipzig. Naturforsch. Gesellschaft, Sitzungsberichte, Jahrg. XXXIII, 1906.

Leipzig. Fürstl. Jablonowskische Gesellschaft, Jahresbericht 1908.

Leipzig. Verein für Erdkunde, Mitteilungen 1906.

Magdeburg. Naturwissenschaftlicher Verein, Jahresbericht und Abhandlungen 1904—07.

Meissen. Naturwissensch. Gesellschaft „Isis", Mitteilungen 1907—1908.

München. K. bayer. Akademie der Wissenschaften, Mathemat.-physikal. Klasse, Abhandlungen, Bd. XXIII, Abt. 2; XXIV, Abt. 1; Sitzungsberichte 1907, Heft 3; 1908, Heft 1.

München. Gesellschaft für Morphologie und Physiologie, Sitzungsberichte, 1907, Bd. XXIII, Heft 1—2; 1908, XXIV, Heft 1.

München. Ornithologische Gesellschaft in Bayern, Verhandlungen 1906, Bd. VII.

München. Hydrotechnisches Bureau, Abteilung der obersten Baubehörde, Jahrbuch (zugleich Jahresbericht) 1906, Heft 4; 1907, Heft 3.

Mulhouse. Société industrielle, Jahresbericht 1907; Bulletin 1907, September-Dezember; 1908, Januar-August; Preisaufgaben für 1909; Procès-verbaux 1907, pag. 233—272; 1908, No. 1—2; pag. 53—94, 111—178.

Nürnberg. Naturhistorische Gesellschaft, Abhandlungen, Bd. XVI, 1906; Jahresbericht 1905.

Osnabrück. Naturwissenschaftl. Verein, Jahresbericht XVI, 1903—06.

Posen. Naturwissenschaftlicher Verein der Provinz Posen (Deutsche Gesellschaft für Kunst und Wissenschaft), Zeitschrift der botanischen Abteilung, Jahrg. XIV, Heft 3; XV, Heft 1—2.

Potsdam. Astrophysikalisches Observatorium, Publikationen No. 55, 57—58.

Stettin. Entomologischer Verein, Entomologische Zeitung, Jahrg. LXIX, Heft 1—2; LXX, Heft 1.

Strassburg. Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, des Ackerbaues und der Künste im Unter-Elsass, Monatsbericht 1907, Heft 5—6; 1908, Heft 1—4.

Strassburg. Geologische Landesanstalt von Elsass-Lothringen, Mitteilungen Bd. VI, Heft 2.

Stuttgart. Naturwissenschaftl. Verein für Sachsen u. Thüringen, Zeitschrift für Naturwissenschaften, Bd. LXXIX, Heft 3—6; LXXX, Heft 1—2.

Digitized by Google

Stuttgart. Verein für vaterländische Naturkunde, Jahreshefte, Jahrg. LXIV und 2 Beilagen.
Thorn. Coppernicus-Verein für Wissenschaft und Kunst, Mitteilungen, Heft 15.
Wiesbaden. Nassauischer Verein für Naturkunde, Jahrbücher, Jahrg. LX.
Zwickau. Verein für Naturkunde, Jahresbericht, Bd. XXXII, 1902.

*c) Österreich.*

Agram. Societas historico-naturalis croatica, Glasnik, Godina XX, 1908.
Brünn. Naturforsch. Verein, Verhandlungen, Bd. XLV, 1906; Meteorologische Kommission, Bericht, Bd. XXV, 1905.
Brünn. Mährische Museumsgesellschaft, Mährisches Landesmuseum (früher Museum Francisceum), Zeitschrift, Bd. VIII, Heft 1—2.
Graz. Naturwissenschaftl. Verein für Steiermark, Mitteilungen, Bd. XLIII, 1906, Heft 1—2; XLIV, 1907, Heft 1—2.
Innsbruck. Ferdinandeum für Tirol und Vorarlberg, Zeitschrift, 3. Folge, Heft LI—LII.
Innsbruck. Naturwissenschaftl.-medizin. Verein, Berichte, Jahrg. XXXI, 1907—08 und Beilage.
Klagenfurt. Naturhistor. Landesmuseum von Kärnten, Jahresbericht 1904—07; Carinthia 1907, No. 4—6; 1908, No. 1—3.
Krakau. Akademie der Wissenschaften, Anzeiger, 1907, No. 4—10; 1908, No. 1—8.
Laibach. Musealverein für Krain, Mitteilungen, Jahrg. XX, Heft 1—6; Izvestja, Letnik XVII, Sesitek 1—6.
Linz. Museum Francisco-Carolinum, Jahresbericht 66, mit Beiträgen zur Landeskunde in Österreich ob der Enns, Liefg. 60.
Linz. Verein für Naturkunde in Österreich ob der Enns, Jahresbericht, B. XXXVII.
Prag. Kgl. böhmische Gesellschaft der Wissenschaften, mathem.-naturwissenschaftliche Klasse, Sitzungsberichte 1907 und Beilage; Jahresbericht 1907.
Prag. K. böhmische K. Franz-Josef Akademie der Wissenschaften, Literatur und Kunst, Rozpravi, Trida II, Rocnik XVI, 1907, und Beilagen; Bulletin internat., Sciences Mathémat. et naturelles, vol. XI, 1906.
Prag. Deutscher polytechnischer Verein in Böhmen, Technische Blätter, 1907, Jahrg. XXXIX, Heft 1—4.
Reichenberg. Verein der Naturfreunde, Mitteilungen, Jahrg. XXXVIII.
Rovereto. J. R. Accademia di Scienze, Lettere ed Arti degli Agiati, Atti, Seria III, vol. XIII, fasc. 3—4; XIV, fasc. 1—2.
Trient. Tridentum, Rivista mensile, Annata X, fasc. 4—8; XI, fasc. 1—2.
Wien. K. K. geolog. Reichsanstalt, Abhandlungen, Bd. XVI, Heft 2; Jahrbuch 1907, Bd. LVII, Heft 4; 1908, Bd. LVIII, Heft 1—2; Verhandlungen 1907, No. 11—18; 1908, No. 1—10.
Wien. Österr. Touristen-Club, Sektion für Naturkunde, Mitteilungen, Jahrg. XIX.
Wien. Zoologisch-botanische Gesellschaft, Verhandlungen, Bd. LVII, 1907.
Wien. K. K. Zentralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus, Jahrbücher, neue Folge, 1906, Bd. XLIII und Anhang.
Wien. Verein für Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse, Schriften, Bd. XLVIII, 1907—1908.
Wien. Naturwissenschaftlicher Verein an der Universität, Mitteilungen, 1907, No. 6—10 und Beilage.

Digitized by Google

*d) Ungarn.*

Budapest. Ungarische geologische Gesellschaft, Zeitschr. Bd. XXXVII, Heft 4—5 und Beilage, 6—12; XXXVIII, Heft 1—5 und Beilage.

Budapest. Regia Societas scientarum natural. hungarica, Mathemat. und naturwissenschaftl. Berichte aus Ungarn 1903, Bd. XXI; 1904, Bd. XXII; Aquila 1906, Bd. XIII; 1907, Bd. XIV.

Budapest. Kgl. ungar. geolog. Anstalt, Jahresbericht 1906; Mitteilungen, Bd. XVI, Heft 2—3.

Budapest. Musei nationalis hungarici, Annales historico-naturales 1907, vol. V, part 2; 1908, vol. VI, part. 1.

Trencsin. Naturwissenschaftl. Verein des Trencsiner Comitates, Jahresbericht 1906—07.

*e) Holland.*

Amsterdam. K. Akademie van Wetenschappen, Proceedings, vol. X, part 1—2; Jaarboek 1907; Verslag Bd. XVI, Teil 1—2; Verhandelingen 1. Sectie, deel IX, No. 5—7; 2. Sectie, deel XIII, No. 4—6; XIV, No. 1.

Amsterdam. Wiskundig Genootschap, Nieuw Archief, 2. Reeks, deel VIII, No. 2—3; Wiskundige Opgaven met de Oplossingen, nieuwe Reeks, deel X, No. 1.

Amsterdam. Société mathématique, Revue sémestrielle des publications mathématiques, tome XVI, part 1—2; Index, nouv. édit., 1908.

Haarlem. Musée Teyler, Archives, Série II, vol. XI, part 1—2.

Haarlem. Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen, Naturkundige Verhandelingen, Teil VI, 3.—4. Stück.

La Haye. Société hollandaise des Sciences à Haarlem, Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles, Série II, tome XIII, livr. 1—5; Oeuvres complètes de Christ. Huygens, tome XI.

Nijmegen. Nederlandsch botanische Vereeniging, Nederlandsch kruidkundig Archiev, 3. Serie (Verslagen en Mededeelingen) 1907; Recueil, vol. IV, No. 1—4.

Utrecht. K. nederlandsch meteorolog. Instituut, Meteorolog. Jaarboek voor 1905, B; 1906, A, B; Mededeelingen en Verhandelingen, No. 5.

Utrecht. Nederlandsche Vereeniging voor Weer- en Sterrenkunde, Hemel en Dampkring, 5. Jahrg., 1907/08, Lfg. 7—12; 6. Jahrg., 1908, No. 1—6.

*f) Dänemark, Schweden, Norwegen.*

Bergen. Bergens Museum, Aarbog 1907, Heft 3; 1908, Heft 1—2; Aarsberetning 1907; Sars, Crustacea, Coppepoda, Harpacticoida, part 19—22.

Christiania. Physiografiska Forening, Nyt Magazin for Naturvidenskaberne, Bd. XLV, Heft 3—4; XLVI, Heft 1—3.

Christiania. Videnskabs Selskabet, Forhandlingar 1907; Skrifter, Mathemat.-naturwissenschaftl. Klasse 1906, Bd. II; 1907, Bd. I.

Kjobnhavn. Danske Videnskabernes Selskabs, Forhandlingar, Oversigt 1907, No. 3—6; 1908, No. 1—3.

Kjobnhavn. Société botanique, Journal, tome XXVIII, fasc. 1—3.

Lund. Acta Universitatis Lundensis, Ars-Skrift 1907, Bd. III.

Stavanger. Stavanger Museum, Arsheft 1906—07.

Digitized by Google

Stockholm. Académie royale des Sciences de Suède, Observations météorologiques 1906, vol. XLVIII, Appendice; 1907, vol. IL; Arsbock 1907 und Beilage; 1908; Handlingar, Bd. XLII, No. 8, 10—12; XLIII, No. 1—6; Arkiv: Mathematik, Astronomie und Physik, Bd. III, No. 3—4; IV, No. 1—4; Kemi, Mineralogi und Geologi, Bd. III, No. 1—2; Botanik, Bd. VII, No. 1—4; Zoologi, Bd. IV, No. 1—4.

Stockholm. Entomologiska Föreningen, Entomologisk Tidskrift 1907, Heft 1—4.

Stockholm. Sveriges geologiska Undersökning, Afhandlingar, Serie Aa, No. 123, 134, 137, 140; Serie C, No. 201—208 und Kartenbeilagen.

Tromso. Tromso Museum, Aarsberetning 1906, 1907; Aarshefter 1902, Bd. XXV.

Trondjem. K. Norske Videnskabers Selskabs Skrifter 1907.

Upsala. Universität. Universitets mineralogisk-geologiska Institut, Aarskrift 1906—1907; Bulletin, vol. VIII, No. 15—16; Linnéskrifter 1907, Bd. I—II und 3 Beilagen; Bibliothek: Bibliographia Linnaeana, part I, No. 1.

*g) Frankreich.*

Angers. Société d'études scientifiques, Bulletin, nouv. Série, tome XXXVI, 1906.

Besançon. Société d'émulation du Doubs, Mémoires, 7. Série, vol. X, 1905, et tables pour 1841—1905; 8. Série, vol. I, 1906.

Béziers. Société d'études des sciences naturelles, Bulletin, vol. XXVIII, 1905—06.

Bordeaux. Société des sciences physiques et naturelles, Procès-verbaux 1906—1907 und Beilage.

Bordeaux. Société Linnéenne, Actes, 7e Série, vol. I, 1906.

Cherbourg. Société nationale des sciences naturelles et mathémat., Mémoires, tome XXXV, 1905—06.

Clermont-Ferrand. Société des Amis de l'Université de Clermont, Revue d'Auvergne 1907, No. 2—6.

Grenoble. Université, Annales tome XIX, No. 2-3; XX, No. 1.

Lille. Société géologique du Nord, Annales, tome XXXV, 1906.

Lyon. Société d'Agriculture, Sciences et Industrie, Annales, 1906.

Lyon. Société botanique, Annales, tome XXXI, 1906; XXXII, 1907, part 1—2.

Lyon. Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts, Mémoires (Sciences et Lettres), 3e Série, tome IX, 1907.

Montbéliard. Société d'émulation, Mémoires, vol. XXXIV, 1907.

Montpellier. Académie des Sciences et Lettres, Mémoires de la Section des Sciences, 2e Série, tome III, No. 5—7.

Nancy. Société des Sciences, Bulletin des Séances, 3e Série, tome VIII, fasc. 1—2.

Nantes. Société des Sciences naturelles de l'Ouest de la France, Bulletin, 2e Série, tome VII, 1907, No. 1—4.

Paris. Société mathématique de France, Bulletin, tome XXXV, No. 4; XXXVI, No. 1.

Paris. Société des Jeunes Naturalistes, La Feuille, 4e Série, année XXXVIII, No. 446—456; XXXIX, No. 457.

Paris. Société de biologie, Comptes-rendus 1907, vol. LXIII, Nos. 34—39; 1908, tome LXIV, Nos. 1—24; LXV, Nos. 25—31.

Paris. Société géologique de France, Bulletin, 4e Série, tome VI, 1906, Nos. 8—9; VII, 1907, Nos. 1—8.

Paris. Comité internat. des Poids et Mesures, Procès-verbaux, 2e Série, tome IV, 1907; Travaux et Mémoires, tome XIII.

Digitized by Google

Paris. Société scientifique de la France et de la Belgique, Bulletin scientifique, tome XL, 1906; XLI, 1907.
Paris. Société philomatique, Bulletin, années 1864—1906; 1907, 9e Série, tome IX, Nos. 5—6; X, Nos. 1—2.
Rennes. Université de Rennes, Travaux scientifiques, tome V, 1906, part. 1—2, et 2. Supplément au tome IV; tome VI, 1907, part. 1—2.
Toulouse. Faculté des Sciences, Annales de l'Université, 2e Série, tome IX, 1907, fasc. 2.
Toulouse. Société d'histoire naturelle, Bulletin, tome XL, 1907, No. 1.

*h) Belgien.*

Anvers. Société royale de géographie, Bulletin, tome XXXI, fasc. 1—4; XXXII, fasc. 1—2.
Bruxelles. Société belge de microscopie, Annales, tome XXVIII, fasc. 2.
Bruxelles. Académie royale de Belgique, Annuaire 1908; Bulletin de la Classe des Sciences 1907, Nos. 6—12; 1908, Nos. 1—2.
Bruxelles. Société belge de géologie, Bulletin, 2e Série, 1907: Mémoires, vol. XXI, fasc. 2—4; Procès-verbaux 1907, vol. XXI, pag. 229—327; Tables générales des tomes I—XX.
Bruxelles. Observatoire royal de Belgique, Annuaire météorologique 1908; Annales météorologiques, nouv. Série, tome XX, fasc. 4, cahier 1—2.
Bruxelles. Société zoologique et malacologique, Annales, tome XLI—XLII, 1906—07.
Bruxelles. Société entomologique de Belgique, Annales, tome LI.
Bruxelles. Société royale de Botanique, Bulletin 1907, fasc. 1—3.
Gent. Vlaamsch natuur- en geneeskundig Congres, Handelingen 1899, 1902, 1905, 1906, Teil I—II; 1907.
Liège. Société royale des Sciences, Mémoires, 3e Série, tome VII.

*i) England.*

Cambridge. Philosophical Society, Proceedings, vol. XIV, part 4—5; Transactions, vol. XX, No. 15—16; XXI, No. 1—4.
Dublin. Royal Irish Academy, Proceedings, Section B, vol. XXVI, No. 10; XXVII, No. 1—5.
Dublin. Royal Academy of Medecine, Transactions, vol. XXVI.
Dublin. Royal Dublin Society, Scientific Proceedings, new Series, vol. XI, No. 21—28; Economic Proceedings, vol. I, part 12.
Edinburgh. Royal Scottish geographical Society, Magazine, 1907, vol. XXIII, No. 12; 1908, vol. XXIV, No. 1—11.
Edinburgh. Royal Society, Proceedings, vol. XXVII; No. 5; XXVIII, No. 1—8; Transactions, vol. XLV, part 2—4; XLVI, part 1.
Edinburgh. Geological Society, Transactions, vol. IX, part 2.
Edinburgh. Mathematical Society, Proceedings, vol. XXVI, 1907—08.
Edinburgh. Royal Physical Society, Proceedings, vol. XVII, No. 4.
Glasgow. Natural History Society, Transactions, new Series, vol. VIII, part 1.
London. Royal geographical Society, Geographical Journal, vol. XXX, No. 6; XXXI, No. 1—6; XXXII, No. 1—5.
London. Mathematical Society, Proceedings, Series II, vol. V, No. 7; VI, No. 1—5.

Digitized by Google

London. Royal microscopical Society, Journal 1907, part 6; 1908, part 1—5.

London. Royal Society, Proceedings Series A, Mathematical and physical Scienc., No. A, vol. LXXX, No. 535—542; LXXXI, No. 543—548; Series B, Biological Sciences, No. B, vol. LXXX, No. 536—542.

London. Zoological Society, Proceedings 1907, pag. 747—1121; 1908, pag. 1—782; Transactions, vol. XVIII, part 2—3 and List 1908.

London. Royal Institution of Great Britain, Proceedings, vol. XVIII, part 2 und Beilage.

London. Linnean Society, Journal: Botany, vol. XXXVIII, No. 265—267; Zoology, vol. XXX, No. 197—198; XXXI, No. 203; Proceedings, 1906—07.

Manchester. Literary and philosophical Society, Memoirs and Proceedings, vol. LII, part 1—3.

Manchester. Manchester Museum, Owens College, Publications, No. 63.

*k) Italien.*

Catania. Accademia Gioenia di scienze naturali, Atti 4. Seria, vol. XX, 1907; Bollettino delle sedute, n. Seria, 1908, fasc. 1—2.

Milano. Società italiana di scienze naturali e del Museo Civico, Atti, vol. XLVI, fasc. 3—4; XLVII, fasc. 1—2.

Milano. Reale Istituto Lombardo di scienze e lettere, Memorie, vol. XX, fasc. 9; Rendiconti, Seria II, vol. XXXIX, No. 17—20; XL, No. 1—15.

Napoli. Accademia delle scienze fisiche e matematiche, Rendiconto, Seria III, vol. XIII, No. 3—12.

Padova. Accademia Scientifica Veneto-Trentina-Istriana, Atti, nuova Seria, Anno IV, fasc. 1—2; V, fasc. 1.

Palermo. Circolo matematico, Rendiconti, vol. I—XIV, XVIII—XX, XXI, No. 1—3; XXII, No. 1—3; XXIV, No. 3; XXV, No. 1—3; XXVI, No. 1—2; Supplemento, vol. II, No. 5—6; III, No. 1—4; Anuario, 1890, 1892, 1896, 1898, 1900, 1904, 1905, No. 1—6; 1906, No. 1—2; 1907 und Beilage; 1908.

Parma. Auto-Riassunti e Riviste dei Lavori italiani di medicina interna ed argomenti prossimiori, vol. I—IV.

Pisa. Società Toscana di scienze naturali, Atti: Memorie, vol. XXIII; Atti: Processi verbali, vol. XVI, No. 4—5; XVII, No. 1—4.

Portici. Laboratorio di Zoologia generale e agraria, Bollettino, vol. I—II.

Roma. R. Accademia dei Lincei, Atti, 5. Seria, vol. XVI, 2. Semestre, No. 10—12; XVII, 1. Semestre, No. 1—12; 2. Semestre, No. 1—8; Rendiconti 1908, vol. CCCV, tomo II.

Roma. Società Romana di Antropologia, Atti, vol. XIII, fasc. 3; XIV, fasc. 1.

Roma. Comitato geologico d'Italia, Bollettino, 4. Seria, vol. VIII, No. 3—4; IX, No. 1—2.

Roma. Società zoologica italiana, Bollettino, Seria II, vol. VIII, No. 4—9; IX, No. 1—2.

Roma. R. Stazione chimico agraria sperimentale di Roma, Annali, Seria II, vol. I (1906—07).

Torino. R. Accademia delle scienze, Atti, vol. XLII, No. 7—11 und Beilage; 12—15; Memorie, II. Seria, tomo LVII.

Torino. R. Accademia d'Agricoltura, Annali, vol. L, 1907.

Digitized by Google

*l) Spanien, Portugal.*

Lisboa. Sociedade de geographia, Boletin, 25. Seria, 1907, No. 9—12; 26.—27. Seria, 1908, No. 1—6; Choffat: Chaîne de l'Arrabida 1908 u. Beilage; Delgado, Système silurique du Portugal: Etude de stratigraphie paléontologique 1908.

Lisboa. Société portugaise de sciences naturelles, Bulletin, vol. I, fasc. 3—4.

Porto. Academia Polytechnica, Annaes scientificos, vol. II, No. 4; III, No. 1—2.

Zaragoza. Sociedad Aragonesa de Ciencias naturales, Boletin, tomo VI, No. 8—10; VII, No. 1—6.

*m) Russland, Rumänien.*

Dorpat. Naturforscher-Gesellschaft der Universität, Sitzungsberichte 1907, Bd. XVI, Heft 2—4; 1908, XVII, Heft 1.

Helsingfors. Commission géologique, Bulletin, No. 19 und Beilage.

Jassy. Université, Annales scientifiques, tome V, fasc. 1—2.

Kiew. Société des Naturalistes, Mémoires, tome XX, livr. 3.

Moscou. Société Impériale des Naturalistes, Bulletin, 1907, No. 1—3.

St. Petersburg. Kaiserl. mineralogische Gesellschaft, Verhandlungen, 2. Serie, Bd. XLIV, Heft 2.

St. Petersburg. Acta horti petropolitani, tome XXV, fasc. 2; XXVII, fasc. 1—2; XXVIII, fasc. 1; XXIX, fasc. 1.

St. Petersburg. Académie Impériale des Sciences, Bulletin, 6. Série, 1907, No. 16—18; 1908, No. 1—14.

St. Petersburg. Comité géologique, Bulletin 1905, Bd. XXIV, No. 1—10; 1906, Bd. XXV, No. 1—10; 1907, Bd. XXVI, No. 5—7; 1908, Bd. XXVII, No. 1; Mémoires, nouv. Série, livr. 16, 21—27, 29, 31—35.

St. Petersburg. Observatoire physique central Nicolas, Annales 1903, Supplément; Publications, 2. Série, vol. XVI, fasc. 1; XVIII, fasc. 2.

Riga. Technischer Verein, Industrie-Zeitung 1907, Jahrg. XXXIII, No. 21—24; 1908, Jahrg. XXXIV, No. 1—19.

Riga. Naturforscher-Verein, Korrespondenzblatt, Bd. L, 1907; Arbeiten, neue Folge, Heft 11.

*n) Nord-, Süd- und Zentral-Amerika.*

Albany. University of the State of New York, New York State Museum, Annual Report, vol. LIX, 1905, part 1—4; LX, 1906; Bulletin, vol. IV, Appendix 7.

Austin. Texas Academy of Science, Transactions, vol. VI, 1903; VIII—IX, 1905—06.

Baltimore. John Hopkins University, Circulars 1907, No. 7—9; 1908, 1—5, 7.

Baltimore. American chemical Journal, vol. XXXVIII, No. 1—6; XXXIX, No. 1—6.

Berkeley. University of California, Publications: Botany, vol. II, No. 14—16; III, No. 1; Geology, vol. V, No. 12—13; Zoology, vol. III, No. 14; IV, No. 1—2; College of Agriculture, Bulletin No. 188—191.

Boston. American Academy of Arts and Sciences, Proceedings, vol. XLIII, No. 4—22.

Boston. Boston Society of Natural History, Proceedings, vol. XXXIII, No. 3—9;

Brooklyn. Museum of the Brooklyn Institute of Arts and Sciences, Science Bulletin, vol. I, No. 11—13.



Digitized by Google

Buenos-Aires. Museo Nacional, Anales, Seria III, tomo VII und Beilage; IX, pag. 1—497; X, pag. 1—110.
Buffalo, Society of Natural Sciences, Bulletin, vol. VIII, No. 6; IX, No. 1.
Chapel Hill. Elisha Mitchell Scientific Society, Journal, vol. XXIII, No. 3—4; XXIV, No. 1—2.
Chicago. Field Museum of Natural History, Publications: Report Series, vol. III, No. 2; Geological Series, vol. II, No. 10; III, No. 6; Ornithological Series, vol. I, No. 3; Zoological Series, vol. VII, No. 4, 6.
Chicago. University of Chicago, Botanical Gazette, vol. XLIV, No. 3, 5—6; XLV, No. 1—4, 6; XLVI, No. 2—4.
Chicago. Academy of Sciences, Special Publication, No. 2.
Cincinnati. Lloyd Library of Botany, Pharmacy and Materia Medica, Bulletin 1908, No. 10; Mycological Notes No. 27—29; Polyporoid issue No. 1.
Colorado (Boulder). University of Colorado, Studies, vol. V, No. 1—4.
Colorado Springs. Colorado College, Publications, General Series, No. 26, 29—30.
Columbus. Ohio State University, Ohio Naturalist, vol. VIII, 1907—08, No. 1—8.
Davenport. Davenport Academy of Natural Sciences, Proceedings, vol. X, 1904—06; XII, pag. 1-94.
Indianapolis. Indiana Academy of Sciences, Proceedings 1906.
Lancaster. American Mathematical Society, Bulletin, 2. Series, vol. XIV, No. 3—7 und Beilage, No. 8—10; XV, No. 1—2.
Lansing. Michigan Academy of Science, Annual Report, vol. IX, 1907.
Lincoln. University of Nebraska, Agricultural Experiment Station, Bulletin, No. 99—106; University Studies, vol. VII, No. 3—4; VIII, No. 1; Press Bulletin, No. 28.
Madison. Wisconsin Geological and Natural History Survey, Bulletin: Scientific Series, No. 4—5; Economic Series, No. 11.
Madison. Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters, Transactions, vol. XV, part 1—2.
Mexico. Observatorio meteorologico central, Boletin mensual, 1902, Dezember; 1903, Januar, Mai-Dezember; 1904, Januar-Februar; 1907, Juli-Dezember; 1908, Januar-Februar.
Mexico. Observatorio astronomico nacional de Tacubaya, Anuario 1908.
Mexico. Sociedad scientifica „Antonio Alzate", Memorias y Revista, vol. XXIV, No. 6—12; XXV, No. 1—3; XXVI, No. 1—9.
Mexico. Istituto geologico, Boletin, No. 23; Parergones, vol. II, No. 1—6.
Mexico (Aguascalientes). El Instructor, Anno XXIV, No. 7—12; XXV, No. 1—6.
Milwaukee. Public Museum, Annual Report 1906-07, vol. XXV.
Milwaukee. Wisconsin Natural History Society, Bulletin, new Series, vol. V, No. 4; VI, No. 1—2.
Minneapolis. Minnesota Academy of Natural Sciences, Bulletin, vol. IV, No. 1, part 2; No. 2.
Montana. University of Montana, Bulletin, No. 46, 48; Bulletin: Biological Series No. 14.
Montevideo. Museo Nacional, Flora Uruguaya, tomo III, fasc. 3, pag. 229—504.
New Haven. American Journal of Science, 4. Series, vol. XXIV, No. 12; XXV, No. 1—6; XXVI, No. 7—11.
New Haven. Connecticut Academy of Arts and Science, Transactions, vol. XIII, pag. 47—548.

Digitized by Google

New York. Academy of Sciences, Annals, vol. XVII, part 2—3; XVIII. part 1—2.

New York. New York Botanical Garden, Bulletin, vol. IV, No. 14; VI, No. 19.

Ottawa. Royal Society of Canada, Proceedings and Transactions, 2. Series, vol. XII, 1906, Supplement and Index to the 1. and 2. Series; 3. Series, vol. I, 1907.

Ottawa. Geological and Natural History Survey of Canada, Annual Report, vol. XII—XIII, XVI and Maps; General Index to 1885—1906; Section of Mines: Annual Report 1905 und Beilage, 1907; Catalogue of Canadian Plants, part VI und Beilagen; Report of Progress 1876—1884 and Index 1863—1884; Contributions to Canadian Palaeontology, vol. I, part 5; II, part 1—2; III, part 1—3; IV, part. 2; diverse Reports No. 958, 968, 986, 988, 992, 996, 1000, 1028.

Para. Museu Paræense (Museo Gœldi), Boletin, vol. V, No. 1.

Philadelphia. Academy of Natural Sciences, Proceedings, vol. LIX, part 2—3; LX, part I.

Philadelphia. American Philosophical Society, Proceedings, vol. XLVI, No. 186—187; XLVII, Nr. 188.

Philadelphia. Zoological Society, Annual Report, vol. XXXVI.

Philadelphia. University of Pennsylvania, Contributions from the Zoological Laboratory, vol. XIII, 1906—07; University Bulletin, 8. Series, No. 2, part 2; No. 3, part 4; No. 4, part 3; No. 5, part 2; 9. Series, No. 1, part 1.

Pittsburgh. Allegheny Observatory, Publications, vol. I, No. 1—3, 5.

Rock Island. Augustana Library, Publications No. 6.

San Francisco. California Academy of Science, Proceedings, Mathemat.-physikal. Klasse, 4. Series, vol. I, pag. 1—6.

San José. (Costa Rica). Sociedad Nacional de Agricultura, Ministero de Fomento, Boletin, vol. II, fasc. 5—11.

Santiago. Société scientifique du Chili, Actes, vol. XVII, 1907, No. 1—5.

St. Louis. Academy of Science, Transactions, vol. XVI, No. 8—9; XVII, No. 1—2; XVIII, No. 1.

St. Louis. Missouri Botanical Gardens, Report, vol. XVIII, 1907.

Sao Paolo. Museu Paulista, Notas preliminares, vol. I, fasc. 1 und Beilage.

Topeka. Kansas Academy of Science, Transactions, vol. XXI, part 1.

Washington. U. S. Department of Agriculture, Yearbook 1907.

Washington. U. S. Naval Observatory, Report 1907 (Synopsis).

Washington. Smithsonian Institution, Bulletin: U. S. National Museum, No. LX; Annual Report 1906; Annual Report of the U. S. National Museum 1907; Contributions from the U. S. National Herbarium, vol. X, part 6—8; Bureau of Ethnology, Annual Report, vol. XXV, 1903—1904; Bulletin, No. 33, 35; Smithsonian miscellaneous Collections, No. 1725, 1772, 1780, 1791—92, 1803—05, 1807; U. S. Geological Survey, Smithsonian Contributions to knowledge. Hodkins Fund, No. 1692, 1718, 1723, 1730; Astrophysical Observatory, Annals, vol. II.

Washington. Philosophical Society, Bulletin, vol. XV, pag. 57—101.

Washington. Department of the Interior, U. S. Geological Survey, Bulletin, No. 304, 309, 311, 313, 316—27, 329—34, 336, 339, 342; Report 1907; Professional Papers, No. 53, 56; Monographs, vol. XLIX; Mineral Resources 1906; Water Supply and Irrigation Papers, No. 195, 197—199, 201—218.

Digitized by Google

*o) Uebrige Länder.*

Batavia. Kon. magnetic en meteorolog. Observatorium, Regenwaarnemingen in Ned.-Indië, Jahrg. XXVIII, 1906; Observations, vol. XXVIII, 1905.

Batavia. Kon. natuurkundig Vereeniging in Ned-Indië, Natuurkundig Tijdschrift, Serie X, deel LXVI und Beilagen; LXVII; Verbeek, Rapport sur les Mollusques, 1908. Text und Atlas.

Bombay. Bombay branch of the Royal Asiatic Society, Journal 1907, vol. XXII.

Bombay. Anthropological Society, Journal vol. VIII, No. 1—2.

Brisbane. Royal Society of Queensland, Proceedings, vol. XX.

Calcutta. Geological Survey of India, Memoirs, vol. XXXVI, part 2; Records 1907, vol. XXXV, part 4; XXXVI, part 1—3.
Himalaya mountains and Tibet, vol. I—III.

Calcutta. Department of Agriculture, Botanical Series: Memoirs, vol. II, No. 2, 4; Entomological Series, vol. II, No. 2—5; Report 1905—06, 1906—07.

Cape Town. South African Philosophical Society, Transactions, vol. XIII, pag. 547—752; XVII, part 2; XVIII, part 1—3.

Colombo. Royal Botanic Gardens, Peradeneya, Annals, vol. II, part 2; IV, part 2—3; Circulars, vol. IV, No. 2—11.

Le Caire. Société Entomologique d'Egypte, Bulletin 1908, fasc. 1—2.

Madras. Government Museum, Anthropology, Bulletin, vol. V, No. 3.

Melbourne. Royal Society of Victoria, Proceedings, n. Series, vol. XX, part 2; XXI, part 1.

Pretoria. Museum and Zoological Gardens, Annual Report 1906—07.

Pretoria. Transvaal Museum, Annals 1908.

Sidney. Australian Museum, Records, vol. VI, No. 6; VII, No. 1—2; Report 1906—07.

Tokyo. Deutsche Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens, Mitteilungen, Bd. XI, Teil 1—2.

Tokyo. College of Science, Imperial University, Journal, vol. XXI, No. 7—12; XXIII, No. 1—14; XXIV, XXV, No. 1—19; Calendar 1907—08; Mitteilungen aus der mediz. Fakultät, Bd. VII, No. 3—4.

Wellington (Auckland). New Zealand Institute, Transactions and Proceedings 1906, vol. XXXIX; 1907, vol. XL.

## C. Anschaffungen.

*Akademien, Allgemeines.*

Année biologique 1905, vol. X.

Archiv für Anthropologie, neue Folge, Bd. VI, Heft 4 und Supplement; VII, Heft 1—3.

Archiv für gesamte Physiologie (Pflüger), Bd. CXX, No. 6—12; CXXI—CXXIV; CXXV, No. 1—4.

Archiv für mikroskopische Anatomie, Bd. LXXI, Heft 2—4; LXXII, Heft 1—4.

Bulletin et Mémoires de la Société d'Anthropolog. de Bruxelles, tome XXV, 1906.

Centralblatt, biologisches, Bd. XXVII, No. 24; XXVIII, No. 1—21.

Centralblatt für Physiologie, Bd. XXI, Heft 17—26, 26a; XXII, Heft 1—16; Bibliographia physiologica, 3. Seria, vol. III, No. 2—4; IV, No. 1.

Denkschriften der Akademie der Wissenschaften, Wien, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Bd. LXXIX, Heft 1; LXXXI.

Digitized by Google

Denkschriften, neue, der allgemeinen schweizer. Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften, Bd. XLII, Heft 2; XLIII.

Journal, the quarterly, of microscopical Science, new Series, vol. LI, part 4, No. 204; LII, part 1, No. 205; part 2, No. 206; part 3, No. 207; part 4, No. 208.

Magazine, philosophical, and Journal of Science, 1907, Dezember; 1908, January-November.

Naturalist, the American, vol. XLI, No. 491—492; XLII, No. 493—502.

Report of the British Association for the Advancement of Science, vol. LXXVII, 1907.

Rundschau, naturwissenschaftliche, 1908, Bd. XXIII, No. 1—46.

Science, new Series, vol. XXVI, No. 672—678; XXVII, No. 679—704; XXVIII, No. 705—723.

Transactions, philosophical, of the Royal Society of London, Series A, vol. 207.

Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Aerzte, Bd. LXXIX, Teil 1; Teil 2, 1. und 2. Hälfte.

Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie, Bd. XXIV, Heft 3—4; XXV, Heft 1—2.

### *Astronomie, Meteorologie.*

Connaissance des temps, publ. par le Bureau des Longitudes pour 1909.

Jahrbuch, Berliner astronomisches, für 1910.

Nachrichten, astronomische, Bd. CLXXVI, No. 4214—4224; CLXXVII, No. 4225—4248; CLXXVIII, No. 4249—4273; CLXXIX, No. 4274—4279.

Zeitschrift, meteorologische, 1907, Heft 11—12; 1908, Heft 1—10.

### *Botanik.*

Annales des sciences naturelles, Botanique, 9e Série, tome V, No. 6; VI, No. 1—6; VII, No. 1—6; VIII, No. 1—3.

Annales du Jardin botanique de Buitenzorg, 2e Série, vol. VII, part 1.

Annals of Botany, vol. XXII, No. 85—88.

Bibliotheca botanica, Heft 67—69; 71, Liefg. 1—3.

Bulletin de la Société botanique de France, 4e Série, tome LIV, 1907, No. 7—8; LV, 1908, No. 1—6; Session extraordinaire, tome LIV, 1907; Mémoires, 1907, No. 8b, 9, 11—13.

Engler und Prantl, die natürlichen Pflanzenfamilien, Liefg. 230, 231; Ergänzungsheft II, Liefg. 4.

Hedwigia, Organ für Kryptogamenkunde, Bd. XLVII, Heft 3—6; XLVIII, Heft 1—2.

Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik, Bd. XLV, Heft 1—4; XLVI, Heft 1—2.

Rabenhorst, Kryptogamenflora I, Abt. IX, Pilze, Liefg. 106—109; VI, Abt. Lebermoose, Liefg. 6.

Reichenbach, Deutschlands Flora, 1. Serie, Bd. XIX, 2, Liefg. 16—20; XXIV, Liefg. 15—16.

Smith, J. J., Die Orchideen von Java, Heft 1 (Figuren-Atlas zu Bd. VI der Flora von Buitenzorg.)

Digitized by Google

*Geographie, Ethnographie.*

Abhandlungen der K. K. geographischen Gesellschaft in Wien, Bd. VI, 1905—07, No. 2; VII, 1908, No. 1.

Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde, Bd. XVII, Heft 1—3.

Jahrbuch des Schweizer Alpenklubs, Jahrg. XLIII, 1907—1908 und Beilagen.

Jahrbuch, geographisches, Bd. XXX, 1907; XXXI, 1908.

Mitteilungen der geographischen Gesellschaft, Wien, Bd. L, Heft 9—12; LI, Heft 1—6.

Süd-Polar-Expedition, deutsche (Drygalski), Bd. I: Geographie, Heft 2; II: Kartographie, Heft 2; II: Geographie, Geologie, Heft 3; VI: Erdmagnetismus, Bd. II, Heft 2; VIII: Botanik, Heft 2; IX: Zoologie, Bd. I, Heft 6; X: Zoologie, Bd. II, Heft 1—2.

*Geologie, Petrographie, Mineralogie und Palæontologie.*

Abhandlungen der schweiz. palæontologischen Gesellschaft, Bd. XXXIV, 1907.

Abhandlungen, geologische und palæontologische, Supplement Bd. I, Lfg. 2—4, Text und Tafeln; neue Folge, Bd. I, Lfg. 5, Text und Tafeln; Lfg. 6.

Annales des Mines, 10e Série, tome XII, No. 8—12; XIII, No. 1—6.

Annales de Paléontologie 1907, tome II, fasc. 4; 1908, tome III, fasc. 1—3.

Barrande, Joach., Système silurien du centre de la Bohême, vol. IV, part 2.

Beiträge zur Palæontologie und Geologie Oesterreich-Ungarns und des Orients, Bd. XX, Heft 4; XXI, Heft 1—2.

Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Palæontologie 1907, No. 23—24; 1908, No. 1—21.

Eclogæ geologicæ helvetiæ, Mitteilungen, Bd. IX, No. 5; X, No. 1—2.

Jahrbuch, neues, für Mineralogie, Geologie und Palæontologie, Hauptwerk 1907, Bd. II, Heft 3; Festband 1807—1907; 1908, Bd. I, Heft 1—3; II, Heft 1; Beilagebände, Bd. XXV, Heft 1—3; XXVI, Heft 1—2.

Jahreshefte, geognostische, Jahrg. XIX, 1906.

Journal, the quarterly, of the geological Society, vol. LXIII, part 4; LXIV, part 1—3.

Magazine, geological, new Series, Decade V, vol. IV, No. 520, 522; V, No. 523—532.

Palæontographica, Bd. LIV, Liefg. 4—6; LV, Liefg. 1—2.

Tschermaks mineralogische und petrograph. Mitteilungen, n. Folge, Bd. XXVI, Heft 5—6; XXVII, Heft 1—3.

Zeitschrift für Kristallographie, Bd. XLIV, Heft 1—6; XLV, Heft 1—4.

*Mathematik.*

Archiv für Mathematik und Physik (Grunert), 3. Reihe, Bd. XII, Heft 4; XIII, Heft 1—4.

Giornale di Matematiche, vol. XLV, 1907, Mai-Dezember; XLVI, 1908, Januar-Oktober.

Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik, Bd. XXXVI, 1905, Heft 1—3.

Journal de Mathématiques, 6e Série, tome IV, 1908, fasc. 1—3.

Journal für reine und angewandte Mathematik, Bd. CXXXIII, Heft 2—4; CXXXIV, Heft 1—4; CXXXV, Heft 1.

Digitized by Google

Journal, the quarterly, of pure and applied mathematics, vol. XXXIX, No. 1—4.
Messenger of Mathematics, new Series, vol. XXXVII, No. 7—12; XXXVIII, No. 1—7.
Revue de Mathématiques (Revista), Beilagen: Bollettino di bibliografia, Anno X, fasc. 3—4; Formulaire mathématique, vol. V, Formulaire complet; V, fasc. 2, édition complète.

*Physik, Chemie.*

Annalen der Physik, 4. Folge, 1907, No. 13—15; 1908, No. 1—13.
Annales de chimie et de physique, 8e Série, tome XII, No. 12; XIII, No. 1—6; XIV, No. 7—9; XV, No. 10—11.
Beiblätter zu den Annalen der Physik, 1907, No. 23—24; 1908, No. 1—21.
Gazetta chimica, anno XXXVII, 1907, parte II, fasc. 6; XXXVIII, 1908, parte I, fasc. 1—6; parte II, fasc. 1 und Beilage, 2—5.
Gerland, Geo., Beiträge zur Geophysik, Bd. IX, Heft 2—3.
Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie, für 1901, Heft 3—9; 1902, Heft 1—2.
Journal de physique, 4e Série, tome VI, No. 12; VII, No. 1—11.
Journal für praktische Chemie, neue Folge, Bd. LXXVI, No. 22—24; LXXVII, No. 1—6, 9—12; LXXVIII, No. 13—20.
Journal of the Chemical Society, 1907, November-Dezember; 1908, Januar-Oktober und Supplement.
Liebigs Annalen der Chemie, Bd. CCCLVII, Heft 2—3; CCCLVIII—CCCLXII; CCCLXIII, Heft 1.
Zeitschrift für physikalische Chemie, Bd. LXI, Heft 2—6; LXII—LXIII; LXIII, Heft 1—5.

*Zoologie.*

Annales des sciences naturelles, Zoologie, 9e Série, Année LXXXIII, tome VI, No. 2—6; LXXXIV, tome VII, No. 1—6.
Archiv für Naturgeschichte, Jahrg. LXIX, Bd. II, Heft 1, 2 Teil 3, 3; LXX, Bd. II, Heft 1, 3; LXXIII, Bd. I, Heft 3; LXXIV, Bd. I, Heft 1—2.
Archives de Zoologie expériment. et générales, 4e Série, tome VIII, No. 1—2, 4—7; Notes et Revue, 4e Série, tome VIII, No. 1—4.
Cellule, la, tome XXIV, fasc. 2.
Fauna und Flora des Golfes von Neapel, Heft 31 (Jahrg. 22—23).
Jahresbericht, Zoologischer, herausg. von der Zoologischen Station zu Neapel für 1907.
Journal de Conchyliologie, vol. LV, No. 4; LVI, No. 1.
Journal für Ornithologie, Jahrg. LVI, 1908, Heft 1—4.
Plankton-Expedition, Ergebnisse der, Bd. II. H. a: Zelinka, die Rotatorien; III, L. a.: Brandt, die Tintinnodeen, Systemat. Teil; III. L. h. 5: Borgert, Concharidae.
Transactions of the Entomological Society, London, 1907, part. 2—5; 1908, part. 1.
Weber, Max, Zoologische Ergebnisse einer Reise in Niederländ. Ost-Indien Bd. IV, Heft 2.

Der Bibliothekar:
Hans Schinz.

Digitized by Google

# Verzeichnis der Mitglieder

der

# Naturforschenden Gesellschaft in Zürich

(31. Dezember 1908).

## a. Ordentliche Mitglieder.

| | | | Aufn. Jahr. |
|---|---|---|---|
| 1. | Hr. | Escher-Bodmer, Johann Jakob, Dr. jur., a. Oberrichter | 1846 |
| 2. | - | Rahn-Meyer, Konrad, Dr. med. | 1854 |
| 3. | - | Escher-Hess, Johann Kaspar, Kaufmann | 1856 |
| 4. | - | Graberg, Friedrich, Zeichenlehrer | 1860 |
| 5. | - | Huber-Werdmüller, Peter Emil, Oberst | 1863 |
| 6. | - | Rose, Edmund, Dr. med., Professor a. d. Universität Berlin | 1868 |
| 7. | - | Beck, Alexander, Dr., Professor | 1870 |
| 8. | - | Fliegner, Albert, Dr., Professor am Polytechnikum | 1870 |
| 9. | - | Heim, Albert, Dr., Professor am Polyt. und a. d. Univ. | 1870 |
| 10. | - | Affolter, Ferdinand Gabriel, Dr., Prof. am Polytechnikum | 1870 |
| 11. | - | Suter, Heinrich, Dr., Professor an der Kantonsschule | 1871 |
| 12. | - | Bollinger, Otto, Dr. med., Professor a. d. Univ. München | 1871 |
| 13. | - | Schulze, Ernst, Dr., Professor am Polytechnikum | 1872 |
| 14. | - | Tobler, Adolf, Dr., Professor am Polytechnikum | 1873 |
| 15. | - | Kleiner, Alfred, Dr., Professor a. d. Univ. und Erziehungsrat | 1873 |
| 16. | - | Gnehm, Robert, Dr., Präsident des schweiz. Schulrates | 1873 |
| 17. | - | Seitz, Johann, Dr. med., Privatdozent an der Universität | 1874 |
| 18. | - | Stickelberger, Ludwig, Dr., Prof. a. d. Univ. Freiburg i. B. | 1874 |
| 19. | - | Wundt, Wilhelm, Dr. med., Professor a. d. Univ. Leipzig | 1874 |
| 20. | - | Escher, Rudolf, Professor am Polytechnikum | 1874 |
| 21. | - | Weber, Heinr. Friedr., Dr., Professor am Polytechnikum | 1875 |
| 22. | - | Meister, Jakob, Professor a. d. Kantonsschule Schaffhausen | 1875 |
| 23. | - | Stoll, Otto, Dr., Professor an der Universität | 1875 |
| 24. | - | Keller, Konrad, Dr., Professor | 1875 |
| 25. | - | Lunge, Georg, Dr., Professor | 1876 |
| 26. | - | Brunner, Rudolf, Chemiker, Küsnacht | 1877 |
| 27. | - | Schöller, Caesar, Fabrikant | 1878 |
| 28. | - | Huguenin, Gustav, Dr. med., Professor | 1878 |
| 29. | - | Schröter, Karl, Dr., Professor am Polytechnikum | 1878 |
| 30. | - | Stebler, Friedr. Gottl., Dr., Vorstand der schweiz. Samenkontrollanstalt | 1879 |

Digitized by Google

| | | | Aufn. Jahr. |
|---|---|---|---|
| 31. | Hr. | Abeljanz, Harutjun, Dr., Professor an der Universität | 1880 |
| 32. | - | Wolfer, Alfred, Dr., Professor am Polyt. und a. d. Univ. | 1880 |
| 33. | - | Haab, Otto, Dr. med., Professor an der Universität | 1880 |
| 34. | - | Rothpletz, August, Dr., Professor a. d. Univ. München | 1880 |
| 35. | - | Denzler, Albert, Dr., Privatdozent am Polytechnikum | 1881 |
| 36. | - | Rudio, Ferdinand, Dr., Professor am Polytechnikum | 1881 |
| 37. | - | Maurer, Julius, Dr., Direktor der meteorol. Centralanstalt | 1881 |
| 38. | - | Goldschmidt, Heinrich, Dr., Prof. a. d. Univ. Christiania | 1881 |
| 39. | - | Egli-Sinclair, Theodor, Dr. med. | 1881 |
| 40. | - | Constam, Joseph Emil, Dr., Professor am Polytechnikum | 1881 |
| 41. | - | Beyel, Christian, Dr., Privatdozent am Polytechnikum | 1882 |
| 42. | - | Keller-Escher, Karl, Dr., a. Kantonsapotheker | 1882 |
| 43. | - | Imhof, Othmar Emil, Dr., Brugg | 1882 |
| 44. | - | Bühler, Anton, Dr., Professor an der Universität Tübingen | 1882 |
| 45. | - | Kronauer, Hans, Dr., Mathematiker d. schweiz. Rentenanstalt | 1883 |
| 46. | - | Schottky, Friedrich, Dr., Professor a. d. Universität Berlin | 1883 |
| 47. | - | Wyss, Oskar, Dr. med., Professor an der Universität | 1883 |
| 48. | - | Burkhard-Streuli, Werner, Ingenieur | 1883 |
| 49. | - | Mende-Ernst, Theophil, Dr. med. | 1883 |
| 50. | - | Escher-Kündig, Jakob Christoph, Kaufmann | 1883 |
| 51. | - | Geiser, Karl Friedrich, Dr., Professor am Polytechnikum | 1883 |
| 52. | - | Stadler, Salomon, Dr., Rektor der höheren Töchterschule | 1883 |
| 53. | - | Muralt-v. Planta, Wilhelm v., Dr. med. | 1883 |
| 54. | - | Zollinger, Ernst, Fabrikant | 1884 |
| 55. | - | Culmann, Paul, Dr., Paris | 1885 |
| 56. | - | Gaule, Justus, Dr. med., Professor an der Universität | 1887 |
| 57. | - | Fick, Adolf, Dr. med., Privatdozent a. d. Universität | 1887 |
| 58. | - | Monakow, Konstantin v., Dr. med., Professor a. d. Univ. | 1887 |
| 59. | - | Wenk, Ernst, Dr., Direktor des Institutes Erica | 1888 |
| 60. | - | Emden, Robert, Dr., Privatdozent an der techn. Hochschule München | 1888 |
| 61. | - | Krönlein, Ulrich, Dr. med., Professor an der Universität | 1888 |
| 62. | - | Flury, Philipp, Assistent der forstlichen Versuchsstation | 1888 |
| 63. | - | Huber-Stockar, Emil, Direktor der Maschinenfabrik Oerlikon | 1888 |
| 64. | - | Annaheim, Joseph, Dr., Chemiker | 1888 |
| 65. | - | Messerschmitt, Johann Baptist, Dr., Hamburg, Seewarte | 1889 |
| 66. | - | Bommer, Albert, Apotheker | 1889 |
| 67. | - | Hommel, Adolf, Dr. med. | 1889 |
| 68. | - | Bänziger, Theodor, Dr. med. | 1889 |
| 69. | - | Schulthess-Schindler, Anton v., Dr. med. | 1889 |
| 70. | - | Zschokke, Erwin, Dr., Professor an der Universität | 1889 |
| 71. | - | Standfuss, Max, Dr., Professor am Polytechnikum | 1889 |
| 72. | - | Grimm, Albert, Dr. med. | 1889 |
| 73. | - | Schall, Karl, Dr., Privatdozent a. d. Universität Leipzig | 1889 |
| 74. | - | Ritzmann, Emil, Dr. med. | 1889 |
| 75. | - | Heuscher, Johann, Dr., Professor an der Universität | 1889 |
| 76. | - | Lang, Arnold, Dr., Professor a. Polyt. und a. d. Univ. | 1889 |
| 77. | - | Schinz, Hans, Dr., Professor an der Universität | 1889 |
| 78. | - | Aeppli, August, Dr., Professor an der Kantonsschule | 1889 |
| 79. | - | Martin, Paul, Dr., Professor an der Universität Giessen | 1889 |
| 80. | - | Stöhr, Philipp, Dr. med., Professor a. d. Univ. Würzburg | 1889 |

Digitized by Google

| | | | Aufn. Jahr. |
|---|---|---|---|
| 81. | Hr. | Overton, Ernst, Dr., Professor a. d. Universität Würzburg | 1890 |
| 82. | - | Zschokke, Achilles, Dr., Direktor der Weinbauschule, Neustadt (Pfalz) | 1890 |
| 83. | - | Pfister, Rudolf, Dr., Lyon | 1890 |
| 84. | - | Gamper, Eduard, Apotheker, Winterthur | 1890 |
| 85. | - | Bretscher, Konrad, Dr., Privatdozent an der Universität | 1890 |
| 86. | - | Martin, Rudolf, Dr., Professor an der Universität | 1890 |
| 87. | - | Roth, Otto, Dr. med., Professor am Polytechnikum | 1891 |
| 88. | - | Felix, Walter, Dr. med., Professor an der Universität | 1891 |
| 89. | - | Müller-Thurgau, Herm., Dr., Prof., Direktor d. Schweiz. Versuchsanstalt Wädenswil | 1891 |
| 90. | - | Ris, Friedrich, Dr. med., Direktor d. Pflegeanstalt Rheinau | 1892 |
| 91. | - | Driesch, Hans., Dr., Heidelberg | 1892 |
| 92. | - | Herbst, Kurt, Dr., Heidelberg | 1892 |
| 93. | - | Fritschi, Friedrich, Erziehungsrat | 1892 |
| 94. | - | Bosshard, Heinrich, Dr., Professor an der Kantonsschule | 1892 |
| 95. | - | Swerinzew, Leonidas, Dr., Petersburg | 1892 |
| 96. | - | Hurwitz, Adolf, Dr., Professor am Polytechnikum | 1892 |
| 97. | - | Hartwich, Karl, Dr., Professor am Polytechnikum | 1892 |
| 98. | - | Zuppinger, Emil, Fabrikant, Wallisellen | 1892 |
| 99. | - | Disteli, Martin, Dr., Prof. a. d. t. Hochschule Dresden | 1892 |
| 100. | - | Werner, Alfred, Dr., Professor an der Universität | 1892 |
| 101. | - | Zuberbühler, Arnold, Sekundarlehrer, Wädenswil | 1892 |
| 102. | - | Franel, Jérôme, Dr., Professor am Polytechnikum | 1892 |
| 103. | - | Denzler, Wilhelm, Ingenieur, Küsnacht | 1892 |
| 104. | - | Bührer, A., Apotheker, Clarens-Montreux | 1893 |
| 105. | - | Wyssling, Walter, Dr. Prof. am Polytechnikum, Wädenswil | 1893 |
| 106. | - | Ribbert, Hugo, Dr. med., Professor a. d. Universität Bonn | 1893 |
| 107. | - | Kleiber, Albert, Dr. | 1893 |
| 108. | - | Wettstein, Walter, Sekundarlehrer | 1893 |
| 109. | - | Meister, Otto, Dr., Chemiker, Thalwil | 1893 |
| 110. | - | Winterstein, Ernst, Dr., Professor am Polytechnikum | 1893 |
| 111. | - | Meister, Friedrich, Sekundarlehrer, Horgen | 1893 |
| 112. | - | Grubenmann, Ulrich, Dr., Professor a. Polyt. u. a. d. Univ. | 1893 |
| 113. | - | Bissegger, Eduard, Direktionssekretär der Rentenanstalt | 1893 |
| 114. | - | Stauffacher, Hch., Dr., Prof. a. d. Kantonsschule Frauenfeld | 1893 |
| 115. | - | Gysi, Alfred, Dr. med. Professor an der Universität | 1893 |
| 116. | - | Schulthess, Wilhelm, Dr. med., Privatdozent a. d. Univ. | 1893 |
| 117. | - | Oppliger, Fritz, Dr., Seminarlehrer, Küsnacht | 1893 |
| 118. | - | Bohbeck, Kasimir, Professor, Przemysl, Galizien | 1894 |
| 119. | - | Claraz, George, A. | 1894 |
| 120. | - | Stodola, Aurel, Dr., Professor am Polytechnikum | 1894 |
| 121. | - | Prášil, Franz, Dr., Professor am Polytechnikum | 1894 |
| 122. | - | Treadwell, Ferdinand P., Dr., Professor am Polytechnikum | 1894 |
| 123. | - | Wild, Paul F., in Firma Orell Füssli & Cie. | 1894 |
| 124. | - | Grete, E. August, Dr., Vorstand der schweiz. landwirtschaftlichen Versuchsstation | 1894 |
| 125. | - | Schärtlin, Gottfr., Dr., Direktor der schweiz. Rentenanstalt | 1894 |
| 126. | - | Rikli, Martin, Dr., Privatdozent am Polytechnikum | 1894 |
| 127. | - | Kiefer, Adolf, Dr., Professor am Institut Concordia | 1894 |
| 128. | - | Hescheler, Karl, Dr., Professor an der Universität | 1894 |
| 129. | - | Bertsch, Roland, Dr., Direktor des Institutes Concordia | 1895 |
| 130. | - | Bloch, Isaak, Dr., Prof. a. d. Kantonsschule Solothurn | 1895 |

Digitized by Google

| | | | Aufn. Jahr. |
|---|---|---|---|
| 131. | Hr. | Stebler, Karl, Lehrer | 1895 |
| 132. | - | Lehner, Friedrich, Dr., Fabrikdirektor | 1895 |
| 133. | - | Wartenweiler, Traugott, Sekundarlehrer, Oerlikon | 1895 |
| 134. | - | Früh, Johann Jakob, Dr., Professor am Polytechnikum | 1895 |
| 135. | - | Wehrli, Leo, Dr., Lehrer an der höhern Töchterschule | 1895 |
| 136. | - | Schellenberg, Hans, Dr., Professor am Polytechnikum | 1895 |
| 137. | | Lüdin, Emil, Dr., Professor am Gymnasium Zürich | 1896 |
| 138. | - | Burri, Robert, Dr., Professor, Bern | 1896 |
| 139. | - | Frei, Hans, Dr., Seminarlehrer, Küsnacht | 1896 |
| 140. | - | Lacombe, Marius, Professor an der Universität Lausanne | 1896 |
| 141. | - | Brunner, Friedrich, Dr. med. | 1896 |
| 142. | - | Holliger, Wilhelm, Dr., Seminarlehrer, Wettingen | 1896 |
| 143. | - | Eggeling, Heinrich, Dr. med., Professor a. d. Univ. Jena | 1896 |
| 144. | - | Schellenberg, Kaspar, Dr., Tierarzt | 1896 |
| 145. | - | Herzog, Albin, Dr., Professor am Polytechnikum | 1896 |
| 146. | - | Dörr, Karl, Dr. med., Frankfurt a./M. | 1896 |
| 147. | - | Kopp, Robert, Dr., Professor a. d. Kantonsschule St. Gallen | 1896 |
| 148. | - | Minkowski, Hermann, Dr., Professor a. d. Univ. Göttingen | 1896 |
| 149. | - | Raths, Jakob, Sekundarlehrer | 1897 |
| 150. | - | Lorenz, Richard, Dr., Professor am Polytechnikum | 1897 |
| 151. | - | Burkhardt, Heinrich, Dr., Professor an der techn. Hochschule München | 1897 |
| 152. | - | Bachmann, Hans, Dr., Professor a. d. Kantonsschule Luzern | 1897 |
| 153. | - | Ruge, Georg, Dr. med., Professor an der Universität | 1898 |
| 154. | - | Frey, Max v., Dr. med., Professor a. d. Univ. Würzburg | 1898 |
| 155. | - | Höber, Rudolf, Dr. med., Privatdozent a. d. Universität Kiel. | 1889 |
| 156. | - | Schäfer, R. William, Dr. (z. Z. in Baden-Baden) | 1898 |
| 157. | - | Sperber, Joachim, Dr., Lehrer | 1898 |
| 158. | - | Wegmann, Gustav, Ingenieur | 1898 |
| 159. | - | Gouzy, Edmund August, Professor | 1898 |
| 160. | - | Schoch-Etzensperger, Emil, Dr. | 1898 |
| 161. | - | Erismann, Friedrich, Dr. med., Stadtrat | 1898 |
| 162. | - | Gramann, August, Dr., Bezirkslehrer in Unter-Kulm | 1899 |
| 163. | - | Erb, Joseph, Dr. | 1899 |
| 164. | - | Dürst, Joh. Ulrich, Dr., Bern | 1899 |
| 165. | - | Lalive, August, Prof. a. Gymn. La Chaux-de-Fonds | 1899 |
| 166. | - | Field, Herbert Haviland, Dr., Direktor des Concilium bibliographicum | 1899 |
| 167. | - | Zulauf, Gottlieb, Fabrikant opt. Apparate | 1900 |
| 168. | - | Volkart, Alb., Dr., Assistent a. d. Samenkontrollanstalt | 1900 |
| 169. | - | Huber, Hermann, Ingenieur | 1900 |
| 170. | - | Burri, Franz Xaver, Forstinsp. der Gotthardbahn, Luzern | 1900 |
| 171. | - | Ernst, Julius Walter, Ingenieur | 1900 |
| 172. | - | Bleuler, Eugen, Dr. med., Professor an der Universität | 1900 |
| 173. | - | Sigg-Sulzer, Johann Gottfried, Kaufmann | 1900 |
| 174. | - | Walder, Franz, Dr., Chemiker | 1900 |
| 175. | - | Schmidt, Jakob Oskar, Dr., Direktor der Accumulatorenfabrik Oerlikon | 1900 |
| 176. | - | Frick, Theodor, Dr. med., | 1900 |
| 177. | - | Bolleter, Eugen, Dr., Sekundarlehrer | 1900 |
| 178. | - | Bächler, Emil, Konservator a. naturhist. Museum, St. Gallen | 1901 |
| 179. | - | Künzli, Emil, Dr., Prof. an der Kantonsschule Solothurn | 1901 |
| 180. | - | Seiler, Ulrich, Dr., Professor an der Kantonsschule | 1901 |

Digitized by Google

| | | | Aufn. Jahr. |
|---|---|---|---|
| 181. | Hr. | Ernst, Paul, Dr. med., Prof. an der Universität in Heidelberg | 1901 |
| 182. | - | Pfeiffer, Paul, Dr., Professor an der Universität | 1901 |
| 183. | - | Ernst, Alfred, Dr., Professor an der Universität | 1901 |
| 184. | - | Meyer-Hürlimann, Karl, Dr. med. | 1901 |
| 185. | - | Scherrer, Otto, Dr., Professor an der Kantonsschule | 1901 |
| 186. | - | Cloetta, Max, Dr. med., Professor an der Universität | 1902 |
| 187. | - | Keller, Konrad, Landwirt, Oberglatt | 1902 |
| 188. | - | Bircher, Max, Dr. med. | 1902 |
| 189. | - | Bircher, Ernst F., Dr. jur., Rechtsanwalt | 1902 |
| 190. | - | Maurizio, Adam, Dr., in Lemberg | 1902 |
| 191. | - | Schaufelberger, Wilhelm, Dr. | 1902 |
| 192. | - | Schweitzer, Alfred, Dr., Professor am Polytechnikum | 1902 |
| 193. | - | Beglinger, Johann, Fabrikant, Wetzikon | 1902 |
| 194. | - | Weiss, Pierre, Dr., Professor am Polytechnikum | 1902 |
| 195. | - | Nägeli, Otto, Dr. med., Privatdozent a. d. Universität | 1902 |
| 196. | - | Ziegler, Konrad, Pfarrer in Ilanz | 1902 |
| 197. | - | Brandenberger, Konrad, Dr., Professor a. d. Kantonsschule | 1902 |
| 198. | - | Amberg, Otto, Dr. | 1903 |
| 199. | - | Ulrich, Alfr., Dr. med., ärztl. Leiter d. Anstalt f. Epileptische | 1903 |
| 200. | - | Osterwalder, Adolf, Dr., Assistent, Wädenswil | 1903 |
| 201. | - | Wehrli, Hans, Dr. Privatdozent an der Universität | 1903 |
| 202. | - | Hegi, Gustav, Dr., Kustos am bot. Garten, München | 1903 |
| 203. | - | Zeller, Heinrich, Dr. jur., Rechtsanwalt | 1903 |
| 204. | - | Stoppany, Giovanni Ambrosio, Dr. med., Professor an der Universität | 1903 |
| 205. | - | Oswald, Adolf, Dr. phil. et med., Privatdozent an der Universität | 1903 |
| 206. | - | Jordan, Hermann, Dr., Rotterdam | 1903 |
| 207. | - | Jaccard, Paul, Dr., Professor am Polytechnikum | 1903 |
| 208. | - | Grisch, Andreas, Assistent an der Samenkontrollanstalt | 1903 |
| 209. | - | Pestalozzi-Bürkli, Anton, Dr. | 1903 |
| 210. | - | Veraguth, Otto, Dr. med., Privatdozent a. d. Universität | 1903 |
| 211. | - | Rothpletz, Gottlieb Friedrich, Stadtgärtner | 1903 |
| 212. | - | Bernheim-Karrer, Jakob, Dr. med., Privatdozent an der Universität | 1903 |
| 213. | - | Hirsch, Arthur, Dr., Professor am Polytechnikum | 1903 |
| 214. | - | Wild-Schläpfer, Felix, Direktor bei Orell Füssli | 1903 |
| 215. | - | Meister, Ulrich, Dr., Oberst und Nationalrat | 1903 |
| 216. | - | Ernst, Theodor, Optiker | 1903 |
| 217. | - | Silberschmidt, William, Dr. med., Prof. a. d. Universität | 1903 |
| 218. | - | Stäubli, Karl, Dr. med., München | 1903 |
| 219. | - | Dilthey, Walter, Dr., Privatdozent an der Universität | 1903 |
| 220. | - | Rübel, Eduard, Dr. | 1903 |
| 221. | - | Büeler, Hermann, Chemiker | 1903 |
| 222. | - | Ehrhardt, Jakob, Dr., Professor an der Universität | 1903 |
| 223. | - | Schlaginhaufen, Otto, Dr., Berlin | 1904 |
| 224. | - | Staub, Joh., Dr., Lehrer a. d. höhern Töchterschule Luzern | 1904 |
| 225. | - | Lüthi, Adolf, Lehrer am Institut Concordia | 1904 |
| 226. | - | Beck, Bernhard, Rektor des freien Gymnasiums | 1904 |
| 227. | - | Zangger, Heinrich, Dr., Professor an der Universität | 1904 |
| 228. | - | Reitz, Wilhelm, Oberingenieur bei Escher Wyss & Co. | 1904 |
| 229. | - | Bühler, Anton, Dr. med., Privatdozent an der Universität | 1904 |
| 230. | - | Schäppi, Theodor, Dr. med. | 1904 |

Digitized by Google

| | | | Aufn. Jahr. |
|---|---|---|---|
| 231. | Hr. | Huber, Paul, Assistent, Wädenswil | 1904 |
| 232. | - | Bluntschli, Hans, Dr., Assistent am anat. Institut | 1904 |
| 233. | - | Machwürth, Josef, Dr., Professor an der Universität | 1094 |
| 234. | - | Wettstein, Ernst, Dr., Professor an der Kantonsschule | 1904 |
| 235. | - | Weber, Friedrich, Dr., Geolog | 1904 |
| 236. | - | Rollier, Louis, Dr., Privatdozent am Polytechnikum und an der Universität | 1905 |
| 237. | - | Kienast, Alfred, Dr., Privatdozent am Polytechnikum | 1905 |
| 238. | - | Fenner, Karl, Dr., Lehrer an der Kantonsschule | 1905 |
| 239. | - | Rascher, Max, Buchhändler | 1905 |
| 240. | - | Beer, Robert, Buchhändler i. F. Fäsi u. Beer | 1905 |
| 241. | - | Arbenz, Paul, Dr., Privatdozent am Polytechnikum | 1905 |
| 242. | - | Müller, Albert, Buchhändler | 1905 |
| 243. | - | Jabs, Asmus, techn. Direktor | 1905 |
| 244. | - | Willstätter, Richard, Dr., Professor am Polytechnikum | 1905 |
| 245. | - | Grandmougin, Eugène, Dr., Professor am Polytechnikum | 1905 |
| 246. | - | Schmid, Eduard, Dr., Assistent an der Universität | 1905 |
| 247. | - | Heubner, Wolfgang, Dr. med. | 1905 |
| 248. | - | Steiger, Adolf, Dr. med. | 1905 |
| 249. | - | Ernst, Heinrich, Regierungsrat | 1905 |
| 250. | - | Egli, Karl, Dr., Professor an der Kantonsschule | 1905 |
| 251. | - | Ganz, Emil, Photograph | 1905 |
| 252. | - | Mollison, Theodor, Dr. med., Assistent a. anthrop. Institut der Universität | 1905 |
| 253. | - | Gassmann, Theodor, Dr. med. | 1905 |
| 254. | - | Fingerhuth, Max, Dr. med. | 1905 |
| 255. | - | Gerlach, Rudolf, Dr., Seminarlehrer in Küsnacht | 1905 |
| 256. | - | Lämmel, Rudolf, Dr., Lehrer | 1906 |
| 257. | - | Daiber, Marie, Dr., Assist. am zool. Inst. | 1906 |
| 258. | - | Wreschner, Arthur, Dr., Privatdoz. a. Polyt. u. a. d. Univ. | 1906 |
| 259. | - | Zschokke, Bruno, Privatdozent am Polytechnikum | 1906 |
| 260. | - | Zürcher, Heinrich, in Firma Zürcher & Furrer | 1906 |
| 261. | - | Eggenberger, Johannes, Dr., Versicherungsmathematiker | 1906 |
| 262. | - | Zietzschmann, Otto, Dr., Professor an der Universität | 1906 |
| 263. | - | Bürgi, Oskar, Professor an der Universität | 1906 |
| 264. | - | Schläpfer-Rippstein, Apotheker | 1906 |
| 265. | - | Heim, Arnold, Dr., Privatdozent am Polytechnikum | 1906 |
| 266. | - | Adler, Fritz, Dr. | 1906 |
| 267. | - | Brökmann-Jrosch, Henryk, Dr. | 1907 |
| 268. | - | v. Wyttenbach, Friedr., Dr. | 1907 |
| 269. | - | Meyer, Emil, Dr., Gymnas.-Lehrer | 1907 |
| 270. | - | Beck, Emil, Fachlehrer für Math. und Physik | 1907 |
| 271. | - | Schindler, Konrad, Dr. med. | 1907 |
| 272. | - | Du Pasquier, L. Gustav, Dr., Privatdozent am Polytechnikum | 1907 |
| 273. | - | De Quervain, Alf., Dr., Adjunkt d. meteorol. Centralanstalt u. Privatdoz. a. d. Univ. | 1907 |
| 274. | - | Hilfiker, Jakob, Dr., Ingen. für schweiz. Landestopographie | 1907 |
| 275. | - | Wiesmann, Theodor, Sekundarlehrer | 1907 |
| 276. | - | Meyer, Edgar, Dr. | 1907 |
| 277. | - | Schwarzenbach, Ernst, Dr. med. | 1907 |
| 278. | - | Strohl, Hans, Dr. | 1907 |
| 279. | - | Brunner, Otto, Apotheker | 1907 |
| 280. | - | Diebold, Fritz, Dr. med. | 1907 |

Digitized by Google

| | | | Aufn. Jahr. |
|---|---|---|---|
| 281. | Hr. | Gogarten, Karl Emil, Bergingenieur | 1907 |
| 282. | - | Grossmann, Marcel, Dr., Professor am Polytechnikum | 1908 |
| 283. | - | Mauderli, Sigmund, Professor in Solothurn | 1908 |
| 284. | - | Meyerhofer, Hans, Dr., Sekundarlehrer | 1808 |
| 285. | - | Stix, Oswald, Dr. der techn. Wissenschaften, Ingenieur | 1908 |
| 286. | - | Swellengrebel, Nicolaas, Hendrik, Assistent am Laboratorium f. allgem. Botanik | 1908 |
| 287. | - | Schmidt, Ehrhardt, Dr., Professor an der Universität | 1908 |
| 288. | - | Hirzel-William, Heinrich, Dr. med. | 1908 |
| 289. | - | Vöge, Adolf, Elektrotechniker | 1908 |
| 290. | - | Jänike, Emil, Privatlehrer für Mathematik und Physik | 1908 |
| 291. | - | Sacken, Ernst, stud. phil. | 1908 |

## b. Ehrenmitglieder.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | Hr. | Kohlrausch, Friedrich, Dr., Professor, Marburg | 1883 |
| 2. | - | Amsler-Laffon, Jakob, Dr., Professor, Schaffhausen | 1894 |
| 3. | - | Dedekind, Richard, Dr., Professor an der technischen Hochschule Braunschweig | 1896 |
| 4. | - | Gräffe, Eduard Heinrich, Insp. d. zoolog. Station, Triest | 1896 |
| 5. | - | Eberth, Karl Joseph, Dr. med., Professor a. d. Univ. Halle | 1896 |
| 6. | - | Hermann, Ludimar, Dr. med., Prof. a. d. Univ. Königsberg | 1896 |
| 7. | - | Reye, Theodor, Dr., Professor a. d. Universität Strassburg | 1896 |
| 8. | - | Schär, Eduard, Dr., Professor a. d. Universität Strassburg | 1896 |
| 9. | - | Weber, Heinrich, Dr., Prof. a. d. Universität Strassburg | 1896 |
| 10. | - | Schwarz, Hermann Amandus, Dr., Professor an der Universität Berlin | 1896 |
| 11. | - | Choffat, Paul, Dr., Landesgeolog, Lissabon | 1896 |
| 12. | - | Frobenius, Georg, Dr., Professor an der Universität Berlin | 1896 |
| 13. | - | Hantzsch, Arthur, Dr., Professor a. d. Universität Leipzig | 1896 |
| 14. | - | Forel, François Alphonse, Dr., Professor, Morges | 1896 |
| 15. | - | Hagenbach-Bischoff, Eduard, Dr., Prof. a. d. Univ. Basel | 1896 |
| 16. | - | Schwendener, Simon, Dr., Professor a. d. Universität Berlin | 1899 |

## c. Korrespondierende Mitglieder.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | Hr. | Cornaz, Edouard, Dr. med., Neuchâtel | 1856 |
| 2. | - | Margerie, Emmanuel de, Dr., Paris | 1883 |

Digitized by Google

# Vorstand und Kommissionen.

| Vorstand. | | Gewählt oder bestätigt. |
|---|---|---|
| Präsident: | Hr. Standfuss, Max, Dr., Professor . . . . | 1908 |
| Vicepräsident: | - Hescheler, Karl, Dr., Professor . . . . | 1908 |
| Sekretär: | - Schoch, Emil, Dr. . . . . | 1908 |
| Quästor: | - Kronauer, Hans, Dr., Mathem. der Rentenanstalt | 1908 |
| Bibliothekar: | - Schinz, Hans, Dr., Professor . . . . . | 1908 |
| Beisitzer: | - Werner, Alfred, Dr., Professor . . . . | 1908 |
| | - Huber-Stockar, Emil, Direktor . . . . | 1908 |

**Druckschriften-Kommission.**

Präsident: Hr. Rudio, Ferdinand, Dr., Professor
Mitglieder: - Heim, Albert, Dr., Professor.
- Lang, Arnold, Dr., Professor.

**Engere Bibliotheks-Kommission (Fachbibliothekare).**

Präsident: Hr. Schinz, Hans, Dr., Professor.
Mitglieder: - Martin, Rudolf, Dr., Professor.
- Bretscher, Konrad, Dr., Privatdozent.
- Aeppli, August, Dr., Professor.
- Beck, Alexander, Dr., Professor.
- Pfeiffer, Paul, Dr., Professor.

Die **weitere Bibliotheks-Kommission** besteht aus dem Präsidenten der Gesellschaft, den Fachbibliothekaren und den Herren: Prof. Dr. K. Keller, Prof. Dr. F. Rudio, Prof. Dr. K. Schröter, Prof. Dr. H. F. Weber, Prof. Dr. A. Werner, Dr. H. H. Field und Dr. M. Rikli.

Abwart: Hr. H. Koch; gewählt 1882.

Digitized by Google

## Berichtigung.

S. 218 soll es heissen: $\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$

statt: $\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \quad \delta \cos t$

Digitized by Google

Digitized by Google

Die **„Vierteljahrsschrift“** der naturforschenden Gesellschaft in Zürich — in Kommission bei Fäsi & Beer — kann durch jede Buchhandlung bezogen werden. Bis jetzt sind erschienen Jahrgang 1—52 (1856—1907) als Fortsetzung der in 4 Bänden (1847—1855) veröffentlichten „Mitteilungen“ der naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Vom 51. Jahrgange an beträgt der Preis der Vierteljahrsschrift 12 Fr. jährlich. Ältere Jahrgänge sind, soweit noch vorhanden, zu reduzierten Preisen erhältlich. Der 41. Jahrgang — Festschrift der naturforschenden Gesellschaft zur Feier ihres 150jährigen Bestehens — kostet 20 Fr. Er besteht aus der Geschichte der Gesellschaft (274 Seiten und 6 Tafeln), aus 35 wissenschaftlichen Abhandlungen (598 Seiten und 14 Tafeln) und einem Supplemente (66 Seiten).

Die seit **1799** in ununterbrochener Folge von der Gesellschaft herausgegebenen **„Neujahrsblätter“** sind ebenfalls durch die Buchhandlung Fäsi & Beer zu beziehen.

Seit 1865 sind erschienen:

G. Asper: Wenig bekannte Gesellschaften kleiner Tiere. 1881. R. Billwiller: Kepler als Reformator der Astronomie. 1878. Die meteorologische Station auf dem Säntis. 1888. K. Bretscher: Zur Geschichte des Wolfes in der Schweiz. 1906. C. Cramer: Bau und Wachstum des Getreidehalmes. 1889. A. Escher v. d. Linth und A. Bürkli: Die Wasserverhältnisse der Stadt Zürich und ihrer Umgebung. 1871. A. Forel: Die Nester der Ameisen. 1893. H. Fritz: Aus der kosmischen Physik. 1875. Die Sonne. 1885. E. Gräffe: Reisen im Innern der Insel Viti Levu. 1868. U. Grubenmann: Ueber die Rutilnadeln einschliessenden Bergkrystalle vom Piz Aul im Bündneroberland. 1899. C. Hartwich: Das Opium als Genussmittel. 1898. O. Heer: Die Pflanzen der Pfahlbauten. 1866. Flachs und Flachskultur. 1872. A. Heim: Einiges über die Verwitterungsformen der Berge. 1874. Ueber Bergstürze. 1882. Geschichte des Zürichsees. 1891. Die Gletscherlawine an der Altels am 11. September 1895 (unter Mitwirkung von L. Du Pasquier und F. A. Forel). 1896. Neuseeland. 1905. Der Bau der Schweizeralpen. 1908. K. Hescheler: *Sepia officinalis* L. Der gemeine Tintenfisch. 1902. Der Riesenhirsch. 1909. J. Jäggi: Die Wassernuss und der Tribulus der Alten. 1884. Die Blutbuche zu Buch am Irchel. 1894. C. Keller: Über Farbenschutz in der Tierwelt. 1879. A. Lang: Geschichte der Mammutfunde (mit Bericht über den Fund in Niederweningen). 1892. G. Lunge: Beleuchtung sonst, jetzt und einst. 1900. A. Menzel: Zur Geschichte der Biene und ihrer Zucht. 1865. Die Biene. 1869. C. Moesch: Geologische Beschreibung der Umgebungen von Brugg. 1867. Wohin und warum ziehen unsere Vögel. 1877. Der japanische Riesensalamander und der fossile Salamander von Oeningen. 1887. J. Pernet: Hermann v. Helmholtz. 1895. M. Rikli. Kultur und Naturbilder von der spanischen Riviera. 1907. F. Rudio: Zum hundertsten Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft. 1898. E. Schär: Das Zuckerrohr. 1890. H. Schinz: Schweizerische Afrika-Reisende und der Anteil der Schweiz an der Erschliessung und Erforschung Afrikas überhaupt. 1904. G. Schoch: Ein Tropfen Wasser. 1870. Die Technik der künstlichen Fischzucht. Tabelle zur leichten Bestimmung der Fische der Schweiz. Fischfauna des Kantons Zürich. 1880. C. Schröter: Die Flora der Eiszeit. 1883. Der Bambus. 1886. Die Schwebeflora unserer Seen (das Phytoplankton). 1897. Die Palmen und ihre Bedeutung für die Tropenbewohner. 1901. A. Weilenmann: Über die Luftströmungen, insbesondere die Stürme Europas. 1876. Die elektrischen Wellen und ihre Anwendung zur drahtlosen Strahlentelegraphie nach Marconi. 1903. R. Wolf: Joh. Feer, Beitrag zur Geschichte der Schweizerkarten. 1873.

---

**Zur Beachtung.**

**Die Bibliothek ist täglich — mit Ausnahme von Sonn- und Festtagen — geöffnet von 9—12 Uhr und ½2—5 Uhr (im Winter bis zum Eintritt der Dunkelheit).**

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Acme
Bookbinding Co., Inc.
300 Summer Street
Boston, Mass. 02210

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google